



TUGAS AKHIR - TM 141585

**PERANCANGAN SISTEM PEMELIHARAAN PADA  
PLATE-SHEARING MACHINE GUILLOTINE 16 MM  
MENGUNAKAN METODE RELIABILITY CENTERED  
MAINTENANCE (RCM) (STUDI KASUS: PT.  
OMETRACO ARYA SAMANTA)**

DAVID IMANUEL SITOMPUL  
NRP 21 14 105 054

Dosen Pembimbing  
Ir. Sudiyono Kromodihardjo, M.Sc., Ph.D

JURUSAN TEKNIK MESIN  
Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2017



**TUGAS AKHIR - TM141585**

**PERANCANGAN SISTEM PEMELIHARAAN PADA  
PLATE-SHEARING MACHINE GUILLOTINE 16  
MM MENGGUNAKAN METODE RELIABILITY  
CENTERED MAINTENANCE (RCM) (STUDI  
KASUS: PT. OMETRACO ARYA SAMANTA)**

**DAVID IMANUEL SITOMPUL  
NRP 2114 105 054**

**Dosen Pembimbing  
Ir. Sudiyono Kromodihardjo, M.Sc., Ph.D**

**JURUSAN TEKNIK MESIN  
FakultasTeknologiIndustri  
InstitutTeknologiSepuluhNopember  
Surabaya 2017**



**FINAL PROJECT - TM141585**

**MAINTENANCE SYSTEM DESIGN ON PLATE-SHEARING MACHINE GUILLOTINE 16 MM USING RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE (RCM) ANALYSIS (CASE STUDY: PT. OMETRACO ARYA SAMANTA)**

**DAVID IMANUELSITOMPUL  
NRP2114 105 054**

**Academic Supervisor  
Ir. Sudiyono Kromodihardjo, M. Sc., Ph.D**

**MECHANICAL ENGINEERING DEPARTMENT  
Faculty of Industrial Technology  
Sepuluh Nopember Institute of Technology  
Surabaya 2017**

**PERANCANGAN SISTEM PEMELIHARAAN PADA  
PLATE-SHEARING MACHINE GUILLOTINE 16 MM  
MENGUNAKAN METODE RELIABILITY CENTERED  
MAINTENANCE (RCM) (STUDI KASUS: PT.  
OMETRACO ARYA SAMANTA)**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

Pada

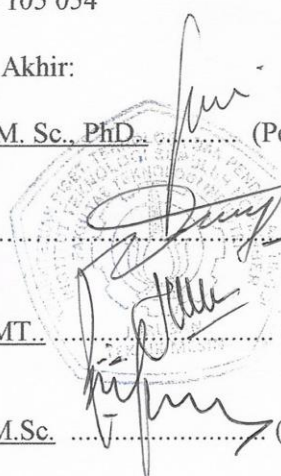
Bidang Studi Manufaktur  
Program S1 Jurusan Teknik Mesin  
Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

**DAVID IMANUEL SITOMPUL**

NRP. 2114 105 054

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir:

1. Ir. Sudiyono Kromodihardjo, M. Sc., PhD. ..... (Pembimbing)  
NIP. 195208011978031005
  2. Dinny Harnany, ST., M.Sc. ..... (Penguji I)  
NIP. 2100201405001
  3. Ari Kurniawan Saputra, ST., MT. ..... (Penguji II)  
NIP. 198604012015041001
  4. Dr. Ir. Bustanul Arifin Noer, M.Sc. ..... (Penguji III)  
NIP. 195904301989031001
- 

**SURABAYA  
JANUARI 2017**

**PERANCANGAN SISTEM PEMELIHARAAN  
PADA PLATE-SHEARING MACHINE GUILLOTINE  
16 MM MENGGUNAKAN METODE RELIABILITY  
CENTERED MAINTENANCE (RCM) (STUDI  
KASUS: PT. OMETRACO ARYA SAMANTA)**

<b>Nama Mahasiswa</b>	<b>: David Imanuel Sitompul</b>
<b>NRP</b>	<b>: 2114 105 054</b>
<b>Jurusan</b>	<b>: Teknik Mesin FTI-ITS</b>
<b>Dosen Pembimbing</b>	<b>: Ir. Sudiyono K, MSc., PhD.</b>

**ABSTRAK**

*PT. Ometraco Arya Samanta merupakan perusahaan yang bergerak dalam bidang manufacturing yang mengerjakan steel structure (konstruksi baja), pengerjaan permesinan dan pembuatan benda kerja. Salah satu proses produksi pengerjaan steel structure yaitu proses pemotongan plat. Berdasarkan tingkat ketebalan dan material plat maka proses pemotongan menggunakan tiga mesin potong yang berbeda yaitu mesin potong hidrolis, mesin potong brander dan mesin potong eksentrik. Dari ketiga mesin tersebut yang memiliki frekuensi kerusakan subsistem yang tinggi adalah mesin potong eksentrik. Mesin potong eksentrik yang digunakan oleh perusahaan adalah Plate-Shearing Machine tipe Guillotine 16 mm 2009 buatan Tiongkok. Untuk itu kegiatan perawatan yang saat ini dilakukan oleh Departemen Pemeliharaan Mesin Produksi masih menggunakan metode Corrective Maintenance dengan mengganti subsistem Plate-Shearing Machine yang mengalami kerusakan. Hal tersebut mengakibatkan mesin berhenti berproduksi.*

*Untuk mengurangi downtime sistem tersebut, kegiatan perawatan akan dievaluasi kembali dengan menggunakan metode Reliability Centered Machine (RCM). Semua subsistem yang mengalami kerusakan paling sering berdasarkan track record akan dianalisa dan diteliti. RCM Information Worksheet*

*digunakan untuk menganalisa penyebab dan efek dari kerusakan yang terjadi pada subsistem. Efek dari kerusakan yang terjadi akan dianalisa lagi untuk mengetahui konsekuensinya, setelah itu dengan menggunakan RCM Decision Worksheet akan ditentukan sistem perawatan yang sesuai.*

*Berdasarkan RCM Decision Worksheet diketahui failure mode yang timbul dari ketiga subsistem rotary key, tractive electromagnet dan ball bearing menimbulkan Operational Consequences dan perawatan untuk subsistem yang mengalami kegagalan berupa, 1 failure mode dapat dicegah dengan Scheduled on Condition Task, 5 failure mode dapat dicegah dengan Scheduled Discard Task dan 3 failure mode dapat dicegah dengan Default Action yang terdiri dari 2 failure finding dan 1 redesign pada tractive electromagnet. Redesign dilakukan karena part dari subsistem tractive electromagnet yaitu kumparan terbakar. Dari perhitungan jumlah lilitan atau coil diperlukan sebanyak 316 lilitan.*

***Kata kunci: perawatan, plate-shearing machine, Reliability Centered Maintenance.***

# **MAINTENANCE SYSTEM DESIGN ON PLATE-SHEARING MACHINE GUILLOTINE 16 MM USING RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE (RCM) ANALYSIS (CASE STUDY: PT. OMETRACO ARYA SAMANTA)**

<b>Nama Mahasiswa</b>	<b>: David Imanuel Sitompul</b>
<b>NRP</b>	<b>: 2114 105 054</b>
<b>Jurusan</b>	<b>: Teknik Mesin FTI-ITS</b>
<b>Dosen Pembimbing</b>	<b>: Ir. Sudiyono K, MSc., PhD.</b>

## **ABSTRACT**

*PT. Ometraco Arya Samanta is an Indonesia-based company primarily engaged in the industrial machinery engineering, manufacturing and assembling steel structures. One of the steel plate formings is cutting. The company has 3 types of cutting system which depends on the thickness of the steel plate. They are brander, hydraulic and eccentric system. According to the downtime log for these 3 types of cutting systems, the highest failure transparency is on eccentric system. This Plate-Shearing Machine Guillotine 16 mm is made in China 2009. PT. Ometraco Arya Samanta is still using the corrective maintenance to maintain its systems. Since that, this Plate-Shearing Machine Guillotine 16 mm has the highest functional failure.*

*To reduce the downtime, the researcher will evaluate the system by using Reliability Centered Maintenance (RCM) analysis. All of those subsystem that possibly have the high functional failure will be analyzed using RCM I nformation Worksheet. Researcher will identify the switch of rotary key system that consist of rotary key, tractive electromagnet and ball bearing. After identifying them, RCM Decision Diagram will be used to determine and select of maintenance task that is better to solve the problem.*

*According to those subsystem that have been analyzed by using RCM Decision Worksheet, researcher found 9 failure modes that generate the operational consequences over each one of those subsystems. 1 failure mode could be prevented using Scheduled on Condition Task, 5 failure modes could be prevented using Scheduled Discard Task and 3 failure modes could be prevented using Default Action. It consist of 2 failure findings and 1 redesign on tractive electromagnet. Tractive electromagnet is redesigned by calculating the coil and selecting the material. It can be fixed by coiling around insulator with 316 of coils.*

***Keyword: maintenance, plate-shearing machine, Reliability Centered Maintenance.***



## KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Kuasa atas berkat dan karunia-Nya sehingga penulisan Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan baik. Tugas Akhir ini merupakan persyaratan untuk memperoleh gelar sarjana teknik bidang studi Manufaktur jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Penulis sangat menyadari bahwa keberhasilan penulisan Tugas Akhir ini tidak lepas dari dukungan dan bantuan dari berbagai pihak. Melalui kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu dan mendukung baik secara moril maupun materiil, antara lain:

1. Johanes Sitompul dan Lasmaida Silitonga, bapak dan mamaku tercinta yang senantiasa memberi dukungan serta doa sehingga penulis mampu menyelesaikan perkuliahan di Teknik Mesin. I'm fully blessed to have you guys.
2. Ir. Sudijono Kromodiharjo, MSc., PhD selaku dosen pembimbing Tugas Akhir yang telah membimbing dan memberikan arahan yang bermanfaat dalam penulisan Tugas Akhir ini.
3. Dinny Harnany, ST., M.Sc, Ari Kurniawan, ST, MT dan Dr. Ir. Bustanul Arifin Noer, M. Sc selaku dosen penguji yang telah memberikan saran dan kritik yang bermanfaat dalam penulisan Tugas Akhir ini.
4. Aida Annisa Amin Daman, ST., MT selaku dosen wali yang telah membimbing penulis selama 2,5 tahun perkuliahan.
5. Seluruh dosen dan karyawan Teknik Mesin FTI-ITS yang telah banyak membantu selama perkuliahan.
6. Kak Ingrid, Bony dan Vito sebagai saudara tercinta yang selalu memberikan dukungan dan doanya selama ini.
7. Mengheningkan Cipta group, group nyinyir paling baper sedunia, Bayu Putradana, Ariyanti Putri, Beby Anggia,

- Satya Kato selaku sahabat terbaik yang sudah menemani dan memotivasi selama ini. I'll see you guys very soon.
8. Nanay dan Trisna, dua sahabat terbaik selama menempuh perkuliahan lintas jalur di Teknik Mesin. Ditunggu plesiran-plesiran selanjutnya as our motto work hard, play even harder lol.
  9. Keluarga besar GSJA Sungai Kehidupan, Ps. Sundjaya dan istri, Ps. Eli, Kak Dina, Ko Tian, Ce Dear, Debora, Kak Yanti dan semua jemaat. Thank you for being you guys, thank you for being my 'home' during these ups and downs. God bless you guys.
  10. Teman-teman lintas jalur 2014, Ridha, Arnovia. Thank you guys for the support.
  11. Baba Elman, Jiyi dan Rizal, thank you udah bantuin selama proses pengerjaan TA.
  12. Seluruh teman-teman Teknik Mesin both regular and lintas jalur.
  13. Semua pihak PT. Ometraco Arya Samanta, Pak Yusuf dan Pak Budi yang telah membantu Penelitian Tugas Akhir ini.
  14. Pihak-pihak lain yang tidak dapat disebutkan satu-persatu oleh penulis.

Tugas Akhir ini masih sangat jauh dari sempurna, kritik dan saran yang dapat menyempurnakan penyusunan Tugas Akhir sangat diperlukan. Semoga Tugas Akhir ini bermanfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi.

Surabaya, Januari 2017

Penulis

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>i</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN .....</b>	<b>ii</b>
<b>ABSTRAK.....</b>	<b>iii</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>v</b>
<b>KATA PENGANTAR .....</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xIv</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1. 1 Latar Belakang.....	1
1. 2 Rumusan Masalah.....	4
1. 3 Tujuan Penelitian.....	4
1. 4 Batasan Masalah.....	4
1. 5 Manfaat Penelitian.....	5
<b>BAB II DASAR TEORI.....</b>	<b>7</b>
2. 1 Tinjauan Pustaka.....	7
2. 2 Perawatan.....	8
2. 3 Jenis-jenis Perawatan ( <i>Maintenance</i> ) .....	10
2. 3. 1 Perawatan Terencana ( <i>Scheduled Maintenance</i> ).....	10
2. 3. 2 Perawatan Tidak Terencana ( <i>Uncheduled Maintenance</i> ).....	12
2. 3. 3 Efisiensi dalam pemeliharaan.....	12
2. 4 <i>Reliability Centered Maintenance</i> (RCM).....	12
4.5.1 Tujuan <i>Reliability Centered Maintenance</i> .....	13
4.5.2 Langkah-langkah Penerapan Metode <i>Reliability Centered Maintenance</i> .....	13
2. 5 Analisis Penyebab dan Efek Kegagalan .....	21
2. 6 Analisis <i>Maintenance Task</i> .....	22
2. 7 Gambaran Umum Perusahaan .....	23
2. 8 Identifikasi Proses Pembentukan Plat.....	25
2. 9 Sistem pemeliharaan PT. Ometraco Arya Samanta.....	34
2. 10 <i>Plate-Shearing Machine</i> .....	35

2.10.1	<i>Plate-Shearing Machine Guillotine 3 mm</i> .....	36
2.10.2	<i>Plate-Shearing Machine Guillotine 6 mm</i> .....	37
2.10.3	<i>Plate-Shearing Machine Guillotine 16 mm</i> .....	37
2.10.4	Bagian-bagian <i>Plate-Shearing Machine Guillotine</i> 16 mm .....	38
2.10.5	Prinsip-prinsip kerja <i>Plate-Shearing Machine</i> <i>Guillotine 16 mm</i> .....	40
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....</b>		<b>43</b>
3. 1	Diagram Alir Penelitian.....	43
3. 2	Metodologi Penelitian.....	44
3.2.1	Studi Literatur, Studi Lapangan dan Identifikasi Permasalahan .....	45
3.2.2	Perumusan Masalah .....	45
3.2.3	Pengumpulan Data.....	45
3.2.4	Metode Pemecahan Masalah.....	46
3.2.5	Pendefinisian Batas Sistem.....	46
3.2.6	Deskripsi Sistem .....	46
3.2.7	<i>RCM Information Worksheet</i> .....	46
3.2.8	<i>Failure Management Techniques</i> .....	46
3.2.9	Perancangan Kegiatan Pemeliharaan .....	47
3.2.10	Rekomendasi.....	47
<b>BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA .....</b>		<b>49</b>
4. 1	Analisis Sistem <i>Plate-Shearing Machine Guillotine 16</i> mm.....	50
4. 2	Analisis Pemilihan Komponen Kritis .....	57
4. 3	<i>Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)</i> .....	60
4.3.1	<i>Rotary Key</i> .....	60
4.3.2	<i>Tractive Electromagnet</i> .....	63
4.3.3	<i>Ball Bearing</i> .....	66
4. 4	Analisis <i>Maintenance Task</i> .....	68
4. 5	Rekomendasi .....	73
4.5.1	<i>Maintenance Task</i> .....	73
4.5.2	<i>Redesign</i> .....	74
4.5.3	<i>Redesign</i> Kumpulan .....	76
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>		<b>83</b>

5. 1	Kesimpulan.....	83
5. 2	Saran .....	85
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>		<b>87</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>		<b>89</b>
<b>TENTANG PENULIS .....</b>		<b>91</b>

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 1.1</b>	Jenis mesin potong PT. Ometraco Arya Samanta.....	2
<b>Gambar 1.2</b>	Frekuensi Kerusakan <i>Plate-Shearing Machine</i> .....	3
<b>Gambar 2.1</b>	Struktur Organisasi .....	24
<b>Gambar 2.2</b>	Proses <i>Marking</i> .....	26
<b>Gambar 2.3</b>	Pemotongan plat menggunakan <i>Plate-Shearing Machine Guillotine</i> 16 mm .....	27
<b>Gambar 2.4</b>	Pemotongan plat menggunakan <i>Plate-Shearing Machine Guillotine</i> 3 mm ..	27
<b>Gambar 2.5</b>	Sistem <i>Hydrabend Type Hydraulic</i> M003 .....	29
<b>Gambar 2.6</b>	Proses <i>Bending V-Die</i> .....	29
<b>Gambar 2.7</b>	Sistem <i>Drill</i> Meja.....	30
<b>Gambar 2.8</b>	Sistem <i>Drill</i> Radial .....	31
<b>Gambar 2.9</b>	Sistem <i>Roll</i> .....	32
<b>Gambar 2.10</b>	Sistem <i>Roll Bending</i> .....	33
<b>Gambar 2.11</b>	Sistem <i>Punch</i> .....	34
<b>Gambar 2.12</b>	Proses pemotongan plat .....	36
<b>Gambar 2.13</b>	Proses pemotongan pada mesin potong <i>brander</i> ....	37
<b>Gambar 2.14</b>	<i>Plate-Shearing Machine Guillotine</i> 16 mm .....	38
<b>Gambar 2.15</b>	Desain umum dan instruksi mesin .....	40
<b>Gambar 2.16</b>	Posisi <i>Rotary Key</i> pada saat siaga dan bekerja.....	41
<b>Gambar 3.1</b>	Diagram Alir Penelitian .....	44
<b>Gambar 4.1</b>	<i>Design Plate-Shearing Machine Guillotine</i> 16 mm	50
<b>Gambar 4.2</b>	<i>Machine Frame</i> .....	51
<b>Gambar 4.3</b>	<i>Driving system</i> pada <i>Gear Box</i> .....	52
<b>Gambar 4.4</b>	<i>Plate-pressed Bracked</i> .....	52
<b>Gambar 4.5</b>	Posisi subsistem <i>Rotary Key</i> .....	53
<b>Gambar 4.6</b>	Skema <i>Switch of Rotary Key</i> .....	53
<b>Gambar 4.7</b>	<i>Plate-Shearing Machine Guillotine</i> 16 mm .....	54
<b>Gambar 4.8</b>	Skema <i>Driving System</i> .....	55
<b>Gambar 4.9</b>	Posisi <i>Rotary Key</i> pada saat proses putaran siaga dan bekerja .....	60
<b>Gambar 4.10</b>	<i>Rotary Key</i> .....	61
<b>Gambar 4.11</b>	<i>Rotary Key</i> Aus.....	62

## DAFTAR TABEL

<b>Gambar 4.12</b>	<i>Tractive Electromagnet</i> terbakar.....	64
<b>Gambar 4.13</b>	<i>Ball Bearing</i> .....	66
<b>Gambar 4.14</b>	<i>Ball Bearing</i> terkorosi.....	67
<b>Gambar 4.15</b>	<i>Tractive Electromagnet</i> .....	75
<b>Gambar 4.16</b>	<i>Part</i> pada subsistem <i>Tractive Electromagnet</i> .....	77
<b>Gambar 4.17</b>	Desain jumlah lilitan kawat baru .....	78
<b>Gambar 4.18</b>	Desain <i>Tractive Electromagnet</i> baru.....	79
<b>Gambar 4.19</b>	Desain orisinal <i>Tractive Electromagnet</i> .....	81



## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2.1</b>	<i>RCM Information Worksheet</i> .....	22
<b>Tabel 2.2</b>	<i>Analisis RCM Decision Worksheet</i> .....	22
<b>Tabel 4.1</b>	Parameter Dasar Sistem <i>Plate-Shearing Machine</i> <i>Guillotine 16 mm</i> .....	56
<b>Tabel 4.2</b>	Data Laporan Kerusakan Hall III <i>Plate-Shearing</i> <i>Machine Guillotine 16 mm</i> .....	58
<b>Tabel 4.3</b>	<i>RCM Information Worksheet Rotary Key</i> .....	62
<b>Tabel 4.4</b>	<i>RCM Information Worksheet Tractive Electromagnet</i> ...	65
<b>Tabel 4.5</b>	<i>RCM Information Worksheet Ball Bearing</i> .....	67
<b>Tabel 4.6</b>	<i>RCM Decision Worksheet Rotary Key</i> .....	69
<b>Tabel 4.7</b>	<i>RCM Decision Worksheet Tractive Electromagnet</i> .....	71
<b>Tabel 4.8</b>	<i>RCM Decision Worksheet Ball Bearing</i> .....	72
<b>Tabel 4.9</b>	<i>Rekomendasi Maintenance Task</i> .....	73
<b>Tabel 4.10</b>	<i>Perhitungan Jumlah Lilitan Kawat</i> .....	77
<b>Tabel 4.11</b>	<i>Performance of Tractive Electromagnet</i> .....	80

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

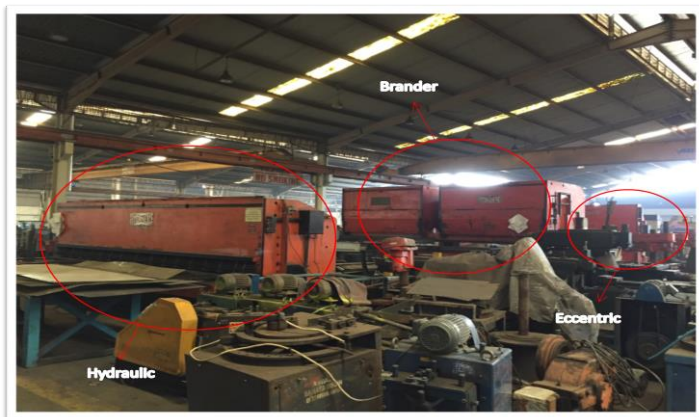
Mesin merupakan salah satu faktor produksi yang menentukan kelancaran suatu proses produksi. Agar proses produksi berjalan secara efisien maka mesin yang membantu dalam proses produksi haruslah memiliki performa andal yang baik. Untuk mendapatkan performa yang andal dibutuhkan kegiatan pemeliharaan (*maintenance*) agar kontinuitas produksi tetap terjamin.

Kegiatan *maintenance* tidak dapat diabaikan karena sebagai kegiatan pengolahan yang dilakukan pada kegiatan proses produksi pada perusahaan industri menggunakan mesin. Perusahaan yang berproduksi tanpa memperhatikan kegiatan *maintenance* berarti menghilangkan masa depan tersebut. Dalam jangka pendek memang seakan-akan perusahaan dapat menekan biaya produksi karena tidak perlu mengeluarkan biaya *maintenance* yang cukup besar, akan tetapi dalam jangka panjang perusahaan akan mengalami kesulitan dalam kegiatan proses produksinya, yang membutuhkan biaya yang besar atau perbaikan-perbaikan dari mesin-mesin dan fasilitas pabrik yang tidak terpelihara dengan baik, seperti kerusakan, kemacetan dan terlebih tidak jalan sama sekali.

Dengan memperhatikan pentingnya *maintenance* yang dilaksanakan perusahaan, maka penulis tertarik untuk mengadakan penelitian yang dituangkan dalam tugas akhir dengan studi kasus PT. Ometraco Arya Samanta berlokasi Jalan Rungkut Industri I 5-7 Surabaya, merupakan perusahaan yang bergerak dalam bidang manufaktur yang mengerjakan konstruksi baja. Perusahaan akan mengerjakan suatu produk dengan sistem *job order* atau pekerjaan sesuai pesan konsumen. Pada awalnya merupakan gabungan dari dua perusahaan yaitu:

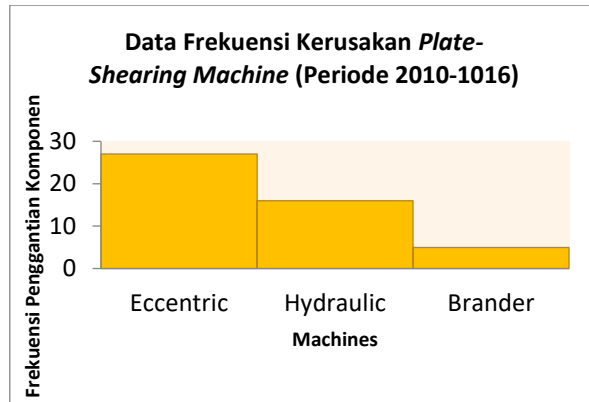
1. *Ometraco Metal Work Construction (OWC)*, yang bergerak dalam bidang konstruksi baja.
2. *Edeson* yang bergerak dalam bidang *Water Dispenser, Water Pump, Oxygen Injector* dan bidang-bidang mekanik lainnya.

Proses produksi yang terjadi di PT. Ometraco Arya Samanta antara lain pemotongan, *drawing, blanking*, perautan, pengelasan, perakitan, *finishing* (OCP atau *coating*) yang disertai dengan pemeriksaan mutu pada tiap pengerjaan.



**Gambar 1.1** Jenis mesin potong PT. Ometraco Arya Samanta

Produk yang dikerjakan oleh perusahaan memiliki beberapa tahap produksi, salah satunya proses pemotongan plat baja. Mesin potong yang digunakan perusahaan memiliki 3 tipe berdasarkan cara kerja dan ketebalan plat yaitu mesin potong hidrolik, mesin potong eksentrik dan mesin brander. Dari ketiga mesin tersebut, intensitas kegagalan yang sering terjadi yaitu pada mesin potong eksentrik. Untuk itu penulis akan melakukan analisa kegagalan yang terjadi pada subsistem serta perawatan apa yang seharusnya dilakukan agar produksi berjalan dengan lancar dan mengurangi biaya pemeliharaan yang mahal.



**Gambar 1.2** Frekuensi Kerusakan *Plate-Shearing Machine*

Pada gambar 1.2 dan data *historical record* perawatan mesin potong PT. Ometraco Arya Samanta periode 2010-2016, sistem *Plate-Shearing Machine Guillotine* 16 mm buatan Tiongkok 2009 memiliki frekuensi kerusakan yang tinggi pada beberapa komponennya dikarenakan komponen-komponen yang dimiliki oleh sistem ini bergerak menggunakan transmisi daya sehingga rentan apabila salah satu komponen mengalami gangguan akan mempengaruhi pergerakan yang timbul untuk komponen yang berhubungan. Sistem pemeliharaan yang dilakukan oleh perusahaan kepada masing-masing mesin menggunakan perawatan korektif atau perawatan yang dilakukan setelah komponen-komponen mesin tersebut mengalami kerusakan secara mendadak, sehingga menyebabkan *downtime* yang tinggi pada sistem tersebut. Hal inipun mempengaruhi proses produksi menjadi terhambat, sehingga *job order* yang sudah direncanakan selesai dengan batas waktu yang sudah ditentukan mengalami keterlambatan juga. Untuk permasalahan terkait tersebut dapat diselesaikan dengan membuat kegiatan pemeliharaan yang tepat yaitu menggunakan metode *Reliability*

*Centered Maintenance* (RCM). Setiap subsistem yang menyusun sistem *Plate-Shearing Machine* akan dianalisa penyebab dan efek kegagalannya. Dari hasil analisa dan efek kegagalan tersebut akan diteliti konsekuensi kegagalan yang terjadi sehingga *ouput* yang dihasilkan dapat menentukan *maintenance task* yang tepat untuk subsistem tersebut dengan harapan *maintenance task* tersebut dapat menurunkan *downtime* mesin dan mengurangi biaya pemeliharaan.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan sebelumnya, maka permasalahan yang akan dibahas dalam Tugas Akhir ini adalah bagaimana merancang kegiatan pemeliharaan yang paling tepat untuk meningkatkan efisiensi suatu mesin dengan menggunakan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM)?

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Mengacu pada rumusan masalah yang telah diuraikan di atas adalah merancang kegiatan pemeliharaan (*maintenance task*) yang tepat pada *Plate-Shearing Machine Guillotine* 16 mm di PT. Ometraco Arya Samanta dengan menggunakan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM).

## **1.4 Batasan Masalah**

Dengan melihat kompleksnya permasalahan yang ada, maka pembatasan masalah yang dilakukan sebagai berikut:

1. Proses reparasi atau perbaikan yang dilakukan pada sistem *Plate-Shearing Machine Guillotine* 16 mm dan komponen kritis pada mesin.
2. Pembahasan hanya dilakukan pada penjadwalan perawatan *Plate-Shearing Machine* dengan interval waktu 7 tahun (2010-2016).
3. Pembahasan pada penelitian ini dilakukan secara kualitatif.

## 1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diperoleh perusahaan dalam penjadwalan yang dirancang penulis dalam penelitian ini adalah:

1. Mengurangi tingkat kerusakan sistem *Plate-Shearing Machine Guillotine* 16 mm.
2. Memberikan masukan bagaimana mengefektifkan kegiatan perawatan dari segi biaya, waktu dan tenaga *maintenance* pada *Plate-Shearing Machine Guillotine* 16 mm.
3. Memberikan informasi kepada mahasiswa mengenai metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) dan implementasinya dalam dunia industri.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)





## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI**

#### **2.1 Tinjauan Pustaka**

Secara harfiah tidak ada mesin yang dibuat oleh manusia yang tidak dapat rusak, tetapi usia kegunaannya dapat diperpanjang dengan melakukan perbaikan berkala dengan suatu aktivitas yang dikenal sebagai pemeliharaan atau perawatan. Jika suatu komponen mesin mengalami kegagalan atau kerusakan maka mengakibatkan mesin mengalami *downtime*, proses produksi terhenti dan perusahaan mengalami kerugian. Penelitian-penelitian mengenai penentuan jenis perawatan yang efektif umumnya dilakukan untuk memperoleh nilai *cost* semimum mungkin.

Salah satu penelitian yang menggunakan kegiatan perawatan RCM adalah Perencanaan Kegiatan Perawatan Tower Crane Milik PT. TATAMULIA NUSANTARA INDAH Menggunakan RCM II (*Reliability Centered Maintenance*) [1]. Pada penelitian ini digunakan tabel RCM *Information Worksheet* untuk mengidentifikasi penyebab dari kegagalan pada komponen yang sering mengalami kerusakan, kemudian menentukan penilaian resiko untuk menunjukkan jenis komponen apa yang mendapatkan prioritas utama dengan tingkat kepentingan resiko yang tinggi. Lalu menentukan interval perawatan untuk merekomendasikan *scheduled restoration task* dan *scheduled discard task* dalam RCM II.

Pada penelitian Evaluasi Manajemen Perawatan Dengan Metode *Reliability Centered Maintenance* II (RCM II) Pada Mesin *Danner* 1.3 Di PT. "X" [2] ini memadukan analisis kualitatif yang meliputi FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*) untuk mengetahui fungsi, kegagalan fungsi, penyebab dan efek kegagalan yang terjadi dari setiap subsistem dan RCM *Decision Worksheet* untuk menentukan kegiatan dan interval

perawatan yang dibutuhkan untuk setiap konsekuensi kegagalan subsistem yang terjadi menggunakan *RCM Decision Worksheet*.

Penelitian lainnya yang menggunakan metode RCM adalah Perancangan Penjadwalan Pemeliharaan Pada Mesin Produksi Bahan Bangunan Untuk Meningkatkan Keandalan Mesin Dengan Metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) [3]. Pada penelitian inipun digunakan tabel FMEA untuk melihat penyebab dari kerusakan komponen sistem tersebut, kemudian digunakan data TBF (*Time Between Failure*) dan TTR (*Time To Repair*) untuk melihat keandalan dari komponen. Penelitian ini membandingkan biaya dari interval waktu preventive maintenance yang berbeda untuk menentukan jadwal preventive yang tepat.

Pada tugas akhir ini jadwal pemeliharaan yang tepat ditentukan menggunakan metode *Reliability Centered Machine*, kemudian akan ditentukan cara mengatasi masalah yang terjadi pada sistem *Plate-Shearing Machine Guillotine* 16 mm. Semua subsistem dalam *Plate-Shearing Machine Guillotine* 16 mm akan diindikasikan serta dievaluasi untuk menentukan penyebab kegagalannya yang kemudian akan ditentukan *maintenance task* yang tepat pada komponen yang bermasalah. Dengan demikian tugas akhir ini diharapkan dapat membantu perusahaan untuk menentukan maintenance task yang tepat pada subsistem *Plate-Shearing Machine Guillotine* 16 mm sehingga aktifitas produksi berjalan dengan lancar dan mengurangi biaya pemeliharaan yang mahal.

## **2.2 Perawatan**

Menurut Corder dalam bukunya yang berjudul *Teknik Manajemen Pemeliharaan* (1992), perawatan adalah suatu kombinasi dari berbagai tindakan yang dilakukan untuk menjaga suatu barang dalam atau memperbaikinya sampai suatu kondisi yang bisa diterima.

Menurut Assauri dalam bukunya yang berjudul *Manajemen Produksi dan Operasi* (1999), perawatan adalah kegiatan untuk memelihara atau menjaga fasilitas peralatan pabrik

dan mengadakan perbaikan atau penggantian yang memuaskan sesuai dengan apa yang direncanakan.

Berdasarkan teori di atas *maintenance* atau perawatan dapat diartikan sebagai kegiatan untuk memelihara atau menjaga fasilitas maupun peralatan perusahaan dan mengadakan perbaikan atau penyesuaian maupun penggantian yang diperlukan agar diperoleh suatu keadaan operasi produksi yang memuaskan sesuai apa yang telah direncanakan. Jadi, dengan adanya kegiatan *maintenance* ini, maka fasilitas maupun peralatan perusahaan dapat digunakan untuk produksi sesuai dengan rencana dan tidak mengalami kerusakan selama fasilitas atau peralatan tersebut dipergunakan untuk proses produksi atau sebelum jangka waktu tertentu yang direncanakan tercapai sehingga dapatlah diharapkan proses produksi berjalan lancar dan terjamin karena kemungkinan-kemungkinan kemacetan yang disebabkan tidak berjalannya fasilitas atau peralatan produksi telah dihilangkan atau dikurangi. Tujuan utama fungsi pemeliharaan adalah sebagai berikut:

- a) Kemampuan produksi dapat memenuhi kebutuhan sesuai dengan rencana produksi.
- b) Menjaga kualitas pada tingkat yang tepat untuk memenuhi apa yang dibutuhkan oleh produk itu sendiri dan kegiatan produksi yang tidak terganggu.
- c) Untuk membantu mengurangi pemakaian dan penyimpangan yang diluar batas dan menjaga modal yang diinvestasikan dalam perusahaan selama waktu yang ditentukan sesuai dengan kebijaksanaan perusahaan mengenai investasi tersebut.
- d) Untuk mencapai tingkat biaya pemeliharaan serendah mungkin, dengan melaksanakan kegiatan *maintenance* secara efektif dan efisien keseluruhannya.
- e) Menghindari kegiatan *maintenance* yang dapat membahayakan keselamatan para pekerja.
- f) Mengadakan suatu kerjasama yang erat dengan fungsi-fungsi utama lainnya dari suatu perusahaan dalam rangka

untuk mencapai tujuan utama perusahaan. Yaitu tingkat keuntungan atau *return of investment* yang sebaik mungkin dan total biaya yang rendah.

### **2.3 Jenis-jenis Perawatan (*Maintenance*)**

Kegiatan pemeliharaan yang dilakukan pada suatu perusahaan dapat dibedakan atas dua jenis, yaitu Perawatan Terencana dan Perawatan Tidak Terencana.

#### **2.3.1 Perawatan Terencana (*Scheduled Maintenance*)**

Adalah perawatan yang diorganisasikan dan dilakukan sesuai dengan jadwal perawatan yang telah direncanakan sebelumnya dan dibedakan:

##### **a. Perawatan Pencegahan (*Preventive Maintenance*)**

Pengertian *preventive maintenance* adalah kegiatan pemeliharaan dan perawatan yang dilakukan untuk mencegah timbulnya kerusakan-kerusakan yang tidak terduga dan menemukan kondisi atau keadaan yang dapat menyebabkan fasilitas produksi mengalami kerusakan pada waktu digunakan dalam proses produksi.

Dengan demikian, semua fasilitas produksi yang mendapatkan *preventive maintenance* akan terjamin kelancaran kerjanya dan selalu diusahakan dalam kondisi atau keadaan siap dipergunakan untuk setiap operasi atau proses produksi pada setiap saat sehingga dapatlah dimungkinkan bahwa pembuatan suatu rencana dan *schedule* pemeliharaan dan perawatan yang sangat cermat dan rencana produksi yang lebih cepat. *Preventive maintenance* ini sangat penting karena kegunaannya yang sangat efektif di dalam menghadapi fasilitas-fasilitas produksi yang termasuk pada golongan *critical unit*, dimana sebuah fasilitas atau peralatan produksi akan termasuk pada golongan ini apabila:

- a) Kerusakan fasilitas atau peralatan tersebut akan membahayakan kesehatan atau keselamatan para pekerja.
- b) Kerusakan fasilitas ini akan mempengaruhi kualitas produk yang dihasilkan.

- c) Kerusakan fasilitas ini akan menyebabkan kemacetan suatu proses produksi.
- d) Modal yang ditanamkan dalam fasilitas tersebut atau harga fasilitas tersebut cukup besar atau mahal.

Bilamana *preventive maintenance* dilaksanakan pada fasilitas-fasilitas atau peralatan yang termasuk dalam *critical unit*, maka tugas-tugas *maintenance* dapatlah dilakukan dengan suatu perencanaan yang intensif untuk unit yang bersangkutan sehingga rencana produksi dapat dicapai dengan jumlah hasil produksi yang lebih besar dalam waktu yang relatif singkat.

Dalam praktiknya, *preventive maintenance* yang dilakukan oleh suatu perusahaan dapat dibedakan atas:

- *Routine Maintenance*
- *Periodic Maintenance*

*Routine maintenance* adalah kegiatan pemeliharaan dan perawatan yang dilakukan secara rutin, misalnya setiap hari. Sebagai contoh dari kegiatan ini adalah pembersihan fasilitas maupun peralatan, pelumasan, serta pemeriksaan bahan bakarnya dan mungkin termasuk pemanasan (*warming-up*) mesin-mesin selama beberapa menit sebelum dipakai beroperasi sepanjang hari. *Periodic maintenance* adalah kegiatan pemeliharaan dan perawatan yang dilakukan secara periodik atau dalam jangka waktu tertentu, misalnya setiap satu minggu sekali, lalu meningkat setiap bulan sekali, dan akhirnya setiap setahun sekali. *Periodic maintenance* dapat pula dilakukan dengan memakai lamanya jam kerja mesin atau fasilitas produksi tersebut sebagai jadwal kegiatan, misalnya setiap seratus jam kerja mesin sekali atau seterusnya. Jadi, sifat kegiatan *maintenance* ini tetap secara periodik atau berkala. Kegiatan ini jauh lebih berat daripada *routine maintenance*. Sebagai contoh untuk kegiatan *periodic maintenance* adalah pembongkaran karburator atau pembongkaran alat-alat dibagian sistem aliran bensin, penyetelan katup-katup pemasukan dan pembuangan silinder mesin, dan pembongkaran mesin ataupun fasilitas tersebut untuk penggantian *bearing*, serta *service* dan overhaul kecil maupun besar [4].

#### b. Perawatan Korektif (*Corrective Maintenance*)

Kegiatan perawatan yang dilakukan setelah kerusakan atau secara mendadak, sering disebut kegiatan perbaikan atau reparasi sehingga sifatnya menunggu sampai terjadi kerusakan terlebih dahulu, misal: kegiatan penggantian barang yang rusak (komponen yang rusak) dan lain sebagainya.

#### **2.3.2 Perawatan Tidak Terencana (*Unscheduled Maintenance*)**

Perawatan yang diartikan sebagai perawatan yang perlu dilakukan tindak untuk mencegah adanya akibat lebih serius, misalnya hilangnya kesempatan berproduksi atau kerusakan yang cukup parah pada suatu perjalanan. Dengan adanya perawatan dan mesin ini diharapkan mampu mendukung keunggulan bersaing yang diinginkan perusahaan dalam konteks untuk menyediakan tingkat layanan optimal dikaitkan dengan ketersediaan biaya fasilitas total.

#### **2.3.3 Efisiensi dalam pemeliharaan**

Perencanaan pemeliharaan mesin yang sangat ketat akan mengurangi laju kerusakan sebanyak mungkin, tetapi akan berakibat naiknya biaya pemeliharaan sebaliknya jika tidak dilakukan perawatan pencegahan dengan baik maka kerusakan mesin juga akan menjadi meningkat, hal ini disebabkan karena semakin baik mutu pemeliharaan maka biaya pemeliharaan semakin besar sedangkan biaya dari waktu yang hilang akibat kerusakan semakin kecil dengan bertambahnya mutu perawatan [5].

#### **2.4 *Reliability Centered Maintenance* (RCM)**

*Reliability Centered Maintenance* adalah sebuah proses yang digunakan dalam menentukan tindakan yang tepat diberikan untuk memastikan bahwa semua aset fisik yang dimiliki perusahaan dapat terus beroperasi dengan baik sesuai dengan yang diinginkan [6].

Pada dasarnya proses yang dijalankan dalam RCM adalah dengan mengajukan 7 pertanyaan terhadap setiap aset atau sistem

yang dijalankan perusahaan (dalam konteks operasional). Ketujuh pertanyaan tersebut adalah sebagai berikut:

1. Apakah fungsi serta standar performansi yang dimiliki oleh aset dalam menjalankan operasinya saat ini (*System Function*)?
2. Dalam kondisi seperti apakah aset gagal untuk memenuhi fungsinya (*Functional Failure*)?
3. Apa penyebab dari tiap kegagalan yang terjadi (*Failure Mode*)?
4. Apa yang akan terjadi pada saat kegagalan tersebut berlangsung (*Failure Effect*)?
5. Bagaimana masalah yang ditimbulkan akibat kegagalan yang terjadi (*Failure Consequence*)?
6. Apa yang dilakukan untuk memprediksi atau mencegah terjadinya kegagalan (*Proactive Task*)?
7. Apa selanjutnya yang harus dilakukan jika *Proactive Task* yang sesuai tidak dapat diberikan (*Default Action*)?

#### **2.4.1 Tujuan *Reliability Centered Maintenance***

Adapun tujuan dari RCM adalah sebagai berikut:

1. Untuk meningkatkan keamanan dan keselamatan.
2. Memperoleh data dan informasi untuk melakukan pengembangan pada desain awal yang kurang baik.
3. Memperoleh biaya perawatan yang efektif.
4. Mengembangkan sistem perawatan yang dapat menambah umur komponen agar dapat terus digunakan dengan baik.

#### **2.4.2 Langkah-langkah Penerapan Metode *Reliability Centered Maintenance***

Langkah-langkah yang dilakukan dalam penerapan metode *Reliability Centered Maintenance* [7] adalah:

1. Pemilihan Sistem dan Pengumpulan Data (*System Selection and Data Collection*)



Ada beberapa kriteria yang harus diperhatikan dalam pemilihan sistem yang akan diteliti, antara lain:

- a. Sistem yang berkaitan dengan masalah keselamatan dan lingkungan.
- b. Sistem yang memiliki biaya maintenance (*Preventive Maintenance* dan *Corrective Maintenance*) yang tinggi
- c. Sistem yang memiliki kontribusi yang besar atas terjadinya *partial outage* (*shutdown*).

Adapun dokumen atau informasi yang diperlukan dalam analisis metode RCM ini, antara lain:

- a. *Piping & Instrumentation Diagram* (P&ID) merupakan ilustrasi skematik dari hubungan fungsi antara instrumentasi, komponen peralatan dan sistem.
- b. *Schematic/Block Diagram* adalah sebuah gambaran dari sistem, rangkaian atau program yang masing-masing fungsinya diwakili oleh gambar kotal berlabel dan hubungan diantaranya digambarkan dengan garis penghubung.
- c. *Manual Book* merupakan dokumen data dan informasi mengenai desain dan operasi tiap peralatan dan komponen.
- d. *Equipment History* merupakan kumpulan data maintenance yang pernah dilakukan.

## 2. Definisi Batas Sistem (*System Boundary Definition*)

Dalam suatu fasilitas produksi atau pabrik jumlah sistem yang tersedia sangat banyak oleh karena itu perlu dilakukan definisi batas sistem. Hal ini dilakukan untuk menjelaskan batasan-batasan suatu sistem yang akan dianalisis dengan RCM sehingga semua fungsi dapat diketahui dengan jelas. Perumusan *system boundary definition* yang baik dan benar akan menjamin keakuratan proses analisis sistem.

## 3. Deskripsi Sistem dan Blok Diagram Fungsi (*System Description and Functional Block Diagram*)

Deskripsi sistem dan diagram blok merupakan representasi dari fungsi-fungsi utama sistem berupa blok-blok yang berisi fungsi-fungsi dari setiap subsistem yang menyusun sistem tersebut sehingga dibuat tahapan identifikasi detail dari sistem yang meliputi:

a. Deskripsi Sistem

Uraian sistem yang menjelaskan cara kerja sistem serta penggunaan instrumen yang ada dalam sistem.

b. *Functional Block Diagram*

Interaksi antara satu blok diagram fungsi dengan blok diagram fungsi lainnya.

c. Masukan dan Keluaran Sistem (*In & Out Interface*)

Pengembangan fungsi subsistem memungkinkan kita untuk melengkapi dan mendokumentasi fakta dari elemen-elemen yang melintasi batas sistem. Elemen-elemen melintasi sistem dapat berupa energi, panas, sinyal, fluida dan sebagainya. Beberapa elemen berperan sebagai input dan beberapa elemen berperan sebagai output yang melintasi setiap subsistem.

d. *System Work Breakdown System (SWBS)*

SWBS digunakan untuk menggambarkan kelompok bagian-bagian peralatan yang menjalankan fungsi tertentu.

Setelah menentukan ketiga tahap tersebut, tahap berikutnya adalah menjawab ketujuh pertanyaan utama dalam metode RCM. Berikut adalah urutan penjelasan dari ketujuh pertanyaan tersebut.

1. Fungsi dan Standar Kerja (*Functions and Performance Standards*)

*System Function* didefinisikan sebagai suatu fungsi dari komponen yang diharapkan oleh pengguna tetapi masih berada dalam level kemampuan dari komponen tersebut sejak saat dibuat. Fungsi dibedakan menjadi dua yaitu *primary function* dan *secondary function*. *Primary function* merupakan alasan utama mengapa suatu aset tersebut ada. Kategori ini meliputi kecepatan, hasil produksi (*output*), kualitas produk dan

pelayanan pelanggan. Sedangkan *secondary function* merupakan kemampuan dari suatu aset untuk dapat melakukan lebih dari sekedar memenuhi fungsi utamanya saja. *Secondary function* meliputi *safety, control, appearance, protection, economy* dan *environmental regulations*.

## 2. Kegagalan Fungsi (*Functional Failure*)

Kegagalan merupakan ketidakmampuan untuk menjalankan fungsi sesuai dengan keinginan pengguna sedangkan kegagalan fungsi adalah ketidakmampuan sistem untuk memenuhi suatu fungsi pada suatu standar kinerja tertentu yang dapat diterima oleh pengguna. Terdapat dua kategori kegagalan dalam RCM yaitu kegagalan total dan kegagalan parsial. Kegagalan total merupakan suatu kejadian dimana sistem sama sekali tidak dapat memenuhi standar kinerja suatu fungsi yang dapat didefinisikan sebagai keadaan dimana suatu sistem dapat berfungsi namun tidak pada level standar kinerja yang dapat diterima oleh penggunaannya atau keadaan dimana suatu sistem tidak dapat mempertahankan tingkat kualitas produk dari sistem tersebut.

## 3. Modus Kegagalan (*Failure Mode*)

*Failure Mode* merupakan peristiwa-peristiwa yang mempunyai kemungkinan besar untuk menyebabkan setiap kegagalan terjadi. Peristiwa yang mempunyai kemungkinan untuk menjadi *Failure Mode* adalah:

- a. Peristiwa yang pernah terjadi sebelumnya pada peralatan yang sama atau serupa yang mempunyai konteks operasi sama.
- b. Kegagalan yang sekarang sedang diantisipasi oleh program perawatan yang ada.
- c. Kegagalan yang belum pernah terjadi tetapi diperkirakan dapat menjadi kenyataan di dalam proses operasinya.
- d. Kegagalan yang bila terjadi dapat memberikan dampak yang sangat serius.

Sebagian besar modus kegagalan yang ada sebelumnya, hanya disebabkan oleh deteriorasi dan keausan. Pada metode RCM modus kegagalan juga dapat disebabkan oleh kesalahan pengguna (*human error*) yang melakukan kegiatan perawatan dan kesalahan desain, sehingga semua modus kegagalan yang ada dapat diidentifikasi dengan baik dan ditangani dengan cara yang benar.

#### 4. Efek Kegagalan (*Failure Effect*)

*Failure Effect* mendeskripsikan apa yang akan terjadi jika *Failure Mode* terjadi. Penjelasan ini harus memasukkan semua informasi yang dibutuhkan dalam memberikan konsekuensi kegagalan tersebut, seperti:

- a. Terdapat bukti apa bila kegagalan tersebut pernah terjadi.
- b. Bagaimana cara kegagalan tersebut dapat memberikan ancaman terhadap keselamatan dan lingkungan.
- c. Bagaimana cara kegagalan tersebut dapat berpengaruh terhadap operasi dan proses produksi.
- d. Kerusakan fisik apa yang disebabkan oleh kegagalan tersebut.
- e. Untuk memperbaiki kegagalan tersebut, hal apa yang harus dilakukan?

#### 5. Konsekuensi Kegagalan (*Failure Consequence*)

Konsekuensi Kegagalan merupakan hal yang terpenting dalam proses RCM. RCM memahami benar satu-satunya alasan untuk menghindari kegagalan itu sendiri namun untuk mengurangi konsekuensi dari kegagalan tersebut. Proses RCM mengklasifikasikan konsekuensi kegagalan dalam 4 bagian, yaitu:

- a. *Hidden Failure Consequences*

Kondisi ini terjadi apabila konsekuensi kegagalan yang terjadi tidak dapat diketahui oleh

operator dalam kondisi normal. Konsekuensi ini berpotensi untuk menghasilkan *multiple failure*.

b. *Safety and Environmental Consequences*

Kegagalan mempunyai konsekuensi keamanan apabila kegagalan yang terjadi dapat melukai, membahayakan atau bahkan menghilangkan nyawa seseorang. Kegagalan mempunyai konsekuensi lingkungan apabila kegagalan yang terjadi dapat melanggar peraturan atau standar lingkungan perusahaan, wilayah, nasional atau internasional.

c. *Operational Consequences*

Kegagalan mempunyai konsekuensi operasional apabila kegagalan yang terjadi dapat mempengaruhi kapabilitas operasional seperti hasil produksi, kualitas produksi, kepuasan pelanggan dan biaya tambahan perbaikan.

d. *Non-Operational Consequences*

Kegagalan mempunyai konsekuensi non-operasional jika kegagalan yang terjadi tidak mempengaruhi keamanan atau kegiatan operasional, kegagalan ini hanya berakibat pada biaya perbaikan.

Proses RCM menggunakan kategori-kategori di atas sebagai dasar pengambilan maintenance task yang sesuai. Proses evaluasi konsekuensi kegagalan juga mengubah pemikiran bahwa semua kegagalan adalah hal yang buruk dan harus dicegah. Dengan demikian, proses RCM fokus pada kegiatan pemeliharaan yang berpengaruh paling besar terhadap kinerja suatu sistem. RCM tidak hanya berfokus pada bagaimana cara mencegah kegagalan, tapi mendorong kita untuk berfikir luas tentang cara-cara yang berbeda untuk mengelola kegagalan yang telah terjadi.

6. *Failure Management Techniques*

*Failure Management Techniques* dibagi menjadi 2 kategori yaitu *Proactive Task* dan *Default Action*.

a. *Proactive Task*

*Proactive Task* merupakan pekerjaan yang dilakukan sebelum terjadinya kegagalan untuk mencegah peralatan masuk dalam kondisi gagal. Metode RCM membagi *Proactive Task* kedalam 3 kategori berikut:

1. *Scheduled Restoration Task*

*Scheduled Restoration Task* adalah kegiatan rekondisi atau melakukan *overhaul* pada saat atau sebelum batas umur yang telah ditetapkan, tanpa memandang kondisi komponen saat kegiatan perawatan. Aktivitas perawatan ini dapat digunakan jika suatu komponen memenuhi keadaan-keadaan berikut:

- Terdapat umur komponen yang dapat diidentifikasi dimana suatu komponen mengalami peningkatan yang cepat pada *Probability of Failure*.
- Dapat dilakukan perbaikan untuk menanggulangi kegagalan yang terjadi.

2. *Scheduled Discard Task*

*Scheduled Discard Task* merupakan kegiatan untuk mengganti komponen dengan komponen yang baru pada saat atau sebelum batas umur yang telah ditetapkan tanpa memandang kondisi kondisi komponen saat kegiatan perawatan. Aktivitas perawatan ini dapat digunakan jika suatu komponen memenuhi keadaan-keadaan berikut:

- Terdapat umur komponen yang dapat diidentifikasi dimana suatu komponen mengalami peningkatan yang cepat pada *Probability of Failure*.

- Perlu dilakukan penggantian komponen dengan komponen baru untuk menanggulangi kegagalan yang terjadi.

### 3. *Scheduled on Condition Task*

*Scheduled on Condition Task* dapat dilakukan ketika kegagalan dapat memberikan beberapa informasi atau peringatan bahwa kegagalan tersebut akan terjadi. Peringatan ini dikenal dengan *potential failure*. *Potential failure* merupakan kondisi yang menunjukkan potensi kegagalan fungsional akan segera terjadi atau sedang dalam proses kegagalan. *On condition task* adalah cara yang sangat baik dalam mengelola kegagalan, namun kegiatan ini juga dapat membuang waktu. Metode RCM menyediakan task ini untuk menangani beberapa kondisi khusus.

### b. *Default Actions*

*Default Actions* merupakan aktifitas yang dilakukan pada saat komponen sudah masuk dalam kondisi gagal dan dipilih ketika tidak ditemukan *proactive task* yang efektif. RCM membagi *default action* ke dalam 3 kategori, yaitu sebagai berikut:

#### 1. *Failure Finding*

*Failure Finding* merupakan kegiatan memeriksa fungsi tersembunyi dari suatu komponen secara berkala untuk mengetahui apakah fungsi sudah mengalami kegagalan. Aktifitas ini hampir sama dengan *on condition task*, namun dilakukan saat sistem tersebut sudah gagal berfungsi. Aktifitas ini dapat dilakukan perawatan dan aktifitas perawatan tersebut tidak meningkat resiko *multiple failure*.

#### 2. *Redesign*

*Redesign* mencakup perubahan dari kemampuan suatu sistem. Termasuk di dalamnya adalah modifikasi

terhadap peralatan atau prosedur kerja. Aktivitas perawatan *redesign* dapat dilakukan dengan cara mengganti spesifikasi komponen, menambahkan komponen baru, atau mengganti mesin dengan tipe yang lain.

### 3. *No Scheduled Maintenance*

*No Scheduled Maintenance* tidak melakukan apapun untuk mengantisipasi atau mencegah modus kegagalan yang terjadi. Kegagalan akan dibiarkan terjadi, kemudian diperbaiki. Aktivitas perawatan ini dapat digunakan jika tidak dapat ditemukan task yang sesuai, kegagalan tidak memiliki konsekuensi keamanan dan lingkungan dan biaya preventive task lebih besar daripada biaya jika komponen tersebut mengalami kegagalan.

## 2.5 Analisis Penyebab dan Efek Kegagalan

Pada penelitian Tugas Akhir ini menggunakan RCM *Information Worksheet* untuk menganalisa *Function*, *Functional Failure*, *Failure Mode* dan *Failure Effect* [8]. Fungsi (*Function*) subsistem didefinisikan sebagai kemampuan yang dapat dilakukan oleh suatu subsistem sesuai dengan konteks operasionalnya untuk memenuhi standar kinerja yang diharapkan. Kegagalan fungsi (*Functional Failure*) subsistem didefinisikan sebagai ketidakmampuan suatu subsistem untuk menjalankan fungsi sesuai konteks operasionalnya sehingga tidak dapat memenuhi standar kinerja yang diharapkan. Modus kegagalan (*Failure Mode*) didefinisikan sebagai hal-hal yang memiliki peluang besar untuk menyebabkan kegagalan fungsi. Efek kegagalan (*Failure Effect*) merupakan akibat dari *Failure Mode* yang akan terjadi terhadap subsistem maupun sistem. Tabel 2.1 merupakan tabel RCM *Information Worksheet*.



**Tabel 2.1** RCM *Information Worksheet*

<b>RCM Information Worksheet</b>			
<i>Function</i> (Fungsi)	<i>Functional Failure</i> (Kegagalan Fungsi)	<i>Failure Mode</i> (Modus Kegagalan)	<i>Failure Effect</i> (Efek Kegagalan)

## 2.6 Analisis Maintenance Task

Pada penelitian tugas akhir ini menggunakan RCM *Decision Worksheet* untuk menganalisa dan menentukan perawatan yang tepat. Tabel 2.2 merupakan tabel RCM *Decision Worksheet* yang digunakan pada penelitian ini.

**Tabel 2.2** Analisis RCM *Decision Worksheet*

RCM Decision Worksheet													
Information Reference			Consequence Evaluation				H1	H2	H3	Default Action			Proposed Task
							S1	S2	S3				
							O1	O2	O3				
F	FF	FM	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4	

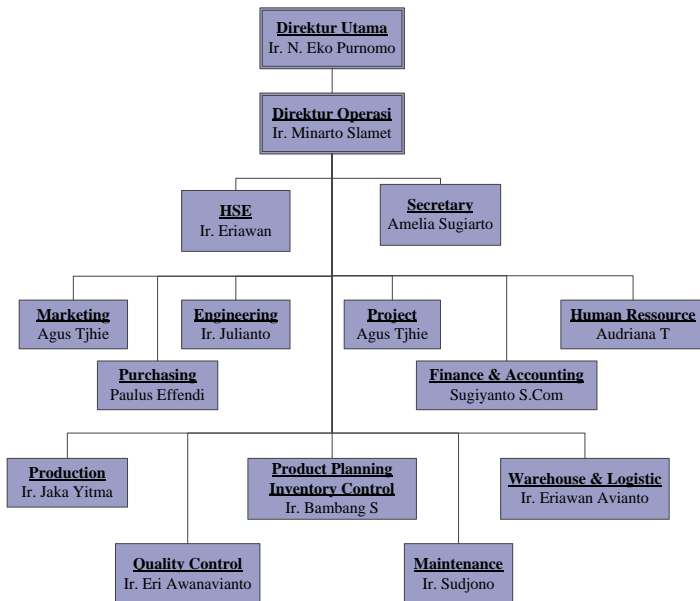
Kolom 1 sampai dengan kolom 3 merupakan *Information Reference* yang menunjukkan bagian RCM *Information Worksheet* yang dianalisis, yaitu *Failure* (F), *Functional Failure* (FF) dan *Failure Mode* (FM). Kolom 4 sampai dengan kolom 7 adalah kolom *Consequence Evaluation* yang menunjukkan evaluasi konsekuensi kegagalan atau dampak yang ditimbulkan terhadap sistem. Terdapat beberapa konsekuensi atau dampak yang ditimbulkan yaitu *Hidden Failure Consequences* (H) pada kolom 4, *Safety Consequences* (S) pada kolom 5, *Environmental Consequences* (E) pada kolom 6 dan *Operational Consequences* (O) pada kolom 7. Kolom-kolom tersebut dapat diisi dengan Yes (Y) apabila *Failure Mode* mempunyai dampak atau konsekuensi pada masing-masing aspek tersebut dan dapat diisi No (N) apabila sebaliknya.

Analisa *Consequence Evaluation* digunakan untuk menentukan strategi perawatan yang tepat. Teknik manajemen kegagalan ini dibagi menjadi dua katetegori, yaitu pada kolom 8 sampai dengan 10 yaitu kolom *Proactive Task* dan kolom 11 sampai dengan 13 yaitu kolom *Default Action*. Pada kolom 8 (H1/S1/O1/N1) dapat diisi dengan *Yes* (Y) apabila kebijakan perawatan yang tepat untuk mengantisipasi atau mencegah *Failure Mode* yang terjadi adalah *Scheduled on Condition Task*, dan diisi dengan *No* (N) apabila sebaliknya. Kolom 9 (H2/S2/O2/N2) dapat diisi dengan *Yes* (Y) apabila kebijakan perawatan yang tepat untuk mengantisipasi atau mencegah *Failure Mode* yang terjadi adalah *Scheduled Restoration Task*, dan diisi *No* (N) apabila sebaliknya. Kolom 10 (H3/S3/O3/N3) dapat diisi dengan *Yes* (Y) apabila kebijakan perawatan yang tepat untuk mengantisipasi atau mencegah *Failure Mode* yang terjadi adalah *Scheduled Discard Task*, dan diisi *No* (N) apabila sebaliknya. Kolom 11 (H4) dapat diisi dengan *Yes* (Y) apabila kebijakan perawatan yang tepat untuk menangani *Failure Mode* yang terjadi adalah *Failure Finding Task*, dan diisi *No* (N) apabila sebaliknya. Kolom 12 (H5) dapat diisi dengan *Yes* (Y) apabila kebijakan perawatan yang tepat untuk menangani *Failure Mode* yang terjadi adalah *Redesign*, dan diisi *No* (N) apabila sebaliknya. Kolom 13 (S4) dapat diisi dengan *Yes* (Y) apabila kebijakan perawatan yang tepat untuk menangani *Failure Mode* yang terjadi adalah *No Scheduled Maintenance*, dan diisi *No* (N) apabila sebaliknya, sehingga pada kolom *Proposed Task* dapat ditentukan *Maintenance Task* yang paling tepat.

## 2.7 Gambaran Umum Perusahaan

PT. Ometraco Arya Samanta merupakan anak perusahaan dari PT. Ometraco Group yang bergerak di bidang pemesinan dan konstruksi. PT. Ometraco Arya Samanta yang berlokasi di jalan Rungkut I/5-7 Surabaya. Pada awalnya merupakan gabungan dari dua perusahaan yaitu:

1. Ometraco Metal Work Construction (OWC), yang bergerak dalam bidang konstruksi baja.
2. Edeson yang bergerak dalam bidang *Water Dispenser*, *Water Pump*, *Oxygen Injector* dan bidang-bidang mekanik lainnya. PT. Ometraco Arya Samanta ini bergerak dalam bidang *manufacturing* yang mengerjakan *steel structure*, pengerjaan pemesinan, pengelolaan dan *job order*.



**Gambar 2.1** Struktur Organisasi

Susunan organisasi PT. Ometraco Arya Samanta dipimpin oleh seorang direktur utama yang membawahi seorang direktur produksi. Direktur produksi membawahi secara langsung karyawan dan staf yang dibantu oleh seorang wakil direktur. Di dalam PT. Ometraco Arya Samanta sendiri, terdapat beberapa

bagian-bagian operasional yang dipimpin oleh seorang kepala bagian. Kepala bagian ini membawahi operator yang menjalankan secara langsung proses produksi. Seorang operator mempunyai tanggung jawab untuk mengerjakan benda kerja atau pesanan sesuai dengan perintah oleh kepala bagian produksi. Bila ada kesalahan atau kerusakan material, operator akan melapor kepada kepala bagian produksi yang akan dikomunikasikan kepada kepala bagian *quality control*. Setelah itu akan ditentukan proses produksi tersebut dapat dilanjutkan atau tidak.

## **2.8 Identifikasi Proses Pembentukan Plat**

Penelitian tugas akhir ini diawali dengan mengidentifikasi proses produksi PT. Ometraco Arya Samanta atau proses pembentukan plat yang menjadi produk jual perusahaan ini. Hal ini dilakukan untuk mengetahui karakteristik proses produksi dan peralatan yang dilakukan. Proses pembentukan plat ini secara umum dibagi menjadi 6 tahapan.

### **1. Proses Penandaan (*Marking*)**

Saat ini PT. Ometraco Arya Samanta sedang melakukan pengerjaan pemotongan lembaran plat dengan menggunakan mesin potong. Mesin potong yang digunakan adalah mesin potong yang mempunyai kemampuan potong 1 mm – 16 mm. Sebelum proses pemotongan dilakukan oleh seorang operator, plat harus ditandai atau dibentuk ukuran dengan dimensi 34 cm x 10 cm, sudut 45° seperti pada gambar 2.2. Hal ini dilakukan untuk mempercepat dan mempermudah proses pemotongan.



**Gambar 2.2** Proses *Marking*

## **2. Proses Pemotongan (*Cutting*)**

Proses pemotongan plat tipis pada umumnya adalah proses pemotongan tanpa menghasilkan geram. Mesin atau sistem yang digunakan dalam proses ini memiliki tiga jenis berdasarkan cara kerjanya, yaitu *Plate-Shearing Machine Guillotine* 3 mm melakukan pemotongan plat setebal 3 mm dengan menggunakan pembakar gas oksigen dengan api pemanas atau biasa disebut mesin potong *brander*, *Plate-Shearing Machine Guillotine* 6 mm melakukan pemotongan plat setebal 6 mm dengan menggunakan tenaga *power supply* hidrolis dan *Plate-Shearing Machine Guillotine* 16 mm untuk memotong plat dengan ketebalan maksimal 16 mm yang menggunakan sistem transmisi daya untuk meneruskan tenaga dari motor penggerak. Sistem ini juga yang akan dijadikan objek penelitian.



**Gambar 2.3** Pemotongan plat menggunakan *Plate-Shearing Machine Guillotine* 16 mm

Pada gambar 2.3 menunjukkan plat baja dengan tebal 16 mm dipotong menggunakan *Plate-Shearing Machine Guillotine* 16 mm sesuai ukuran yang sudah ditentukan.



**Gambar 2.4** Pemotongan plat menggunakan *Plate-Shearing Machine Guillotine* 3 mm

Pada gambar 2.4 menunjukkan plat tipis dengan ketebalan 3 mm yang sudah melewati tahap penandaan ukuran (*marking*) akan dipotong dengan menggunakan mesin *brander* atau *Plate-Shearing Machine Guillotine* 3 mm. Pada mesin ini menggunakan gas oksigen sebagai senyawa atau gas pemotong dan gas asetilena sebagai gas pemanas.

Sedangkan untuk *Plate-Shearing Machine Guillotine* 6 mm, benda kerja yang akan dipotong diberi tanda (*marking*) pada bagian yang akan dipotong, kemudian plat dimasukkan ke celah pemotongan dan disesuaikan dengan lampu neon pada mesin. Jika posisi sudah tampak tepat maka proses pemotongan dapat dilakukan. Untuk mesin potong hidrolik, proses turunnya pisau dapat diatur dengan *control panel* yang tersedia. Ukuran plat yang dipotong adalah panjang 2500 mm dan tebal 6 mm.

### 3. Proses Penekukan (*Bending*)

Bending adalah deformasi atau perubahan bentuk plastis dari logam terhadap sebuah sumber linier dengan sedikit atau hampir tidak mengalami perubahan pada luas permukaannya. Mesin *bending* adalah salah satu mesin pembentukan (*forming*) yang dapat melakukan penekukan plat logam dengan sudut antara  $30^\circ$  hingga  $180^\circ$  tanpa harus mengganti alat. Gambar 2.5 menunjukkan sistem *Hydrabend Type Hydraulic* M003 yang dimiliki oleh perusahaan untuk menekuk plat logam.

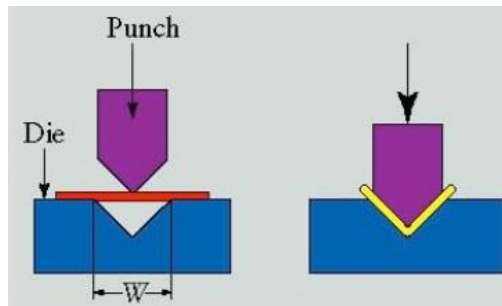


### Gambar 2.5 Sistem *Hydrabend Type Hydraulic* M003

Mesin yang digunakan untuk proses ini adalah *Hydrabend Type Hydraulic* M003 yang mempunyai spesifikasi sebagai berikut:

- Menggunakan sistem hidrolik
- Kekuatan tekan 150 Ton
- Panjang dan tebal benda kerja 2,2 m x 6 mm
- Tekanan dalam ton yang diperlukan untuk menekuk baja lunak dengan UTS (*Ultimate Tensile Strength*) sebesar 440 mpa
- Radius *bending* 0,75 – 12,5

Plat yang akan ditekuk diletakkan di atas cetakan (*Die*), setelah itu *punch* penekuk perlahan-lahan diturunkan sehingga benda kerja (plat) tertekan oleh *punch* yang sesuai dengan *die*-nya. Sudut tekukan yang terbentuk dapat diatur dengan penyetelan yang akan menyentuh *limit switch* yang terletak di samping *switch*. Gambar 2.6 menunjukkan proses *bending V-Die* dengan menggunakan sistem *Hydrabend Type Hydraulic* M003.



**Gambar 2.6** Proses *Bending V-Die* (Dwipayana Cool, 2015)



#### 4. Proses Penggurdian (*Drilling*)

Proses drilling digunakan untuk pembuatan lubang silindris. Pembuatan lubang dengan bor spiral di dalam benda kerja yang pejal merupakan suatu proses pengikisan dengan daya penyerpihan yang besar. Jika benda kerja tersebut dibutuhkan kepresisian yang tinggi (ketepatan ukuran atau mutu permukaan) pada dinding lubang, maka diperlukan pengerjaan lanjutan dengan pembenam atau penggerek.

Proses pembuatan lubang bisa dilakukan untuk satu pahat saja atau dengan banyak pahat. Mesin drilling dalam proses ini terbagi 2 tipe mesin yaitu:

1. Mesin *drill* meja
2. Mesin *drill radial*



**Gambar 2.7** Sistem *Drill* Meja

Pada proses ini, mesin *drill* meja pada gambar 2.7 berfungsi untuk melubangi plat setelah melalui proses pemotongan. Ukuran dari mesin drill meja biasanya ditentukan

oleh diameter benda kerja yang paling besar yang dapat digurdi (*drill*). Tebal plat yang akan digurdi adalah 1 mm – 10 mm dan diameter lubang maksimal 30 mm. Plat yang sudah digurdi tersebut selanjutnya akan diproses lagi jika belum memenuhi kepresisian.



**Gambar 2.8** Sistem *Drill Radial*

Pada mesin *drill radial* yang ditunjukkan pada gambar 2.8, berfungsi melubangi plat besi yang menempatkan penggurdiannya dengan cepat di semua titik di atas bangku kerja. Hal ini dikarenakan lengan dari sistem tersebut dapat berputar di sekeliling di atas benda kerja. Ukuran mesin *drill* didasarkan pada panjang lengannya dalam meter. Ukuran yang umum adalah 1,2 m; 1,8 m; 2,4 m. Tebal plat yang akan digurdi dengan sistem ini adalah 1 mm – 10 mm dan diameter lubangnya maksimal 30 mm.

##### **5. Proses meluruskan dan melekungkan (*rolling*)**

Mesin *rolling* digunakan untuk meluruskan dan melengkungkan plat atau lembaran logam yang akan digunakan sebagai bahan sebelum dilakukan proses *bending* dan proses *punch*. Bahan yang diperlukan terdiri dari bahan silinder dan

bidang lengkung lainnya yang berjari-jari besar. Mesin *rolling* dalam proses ini terbagi 2 tipe mesin yaitu:

1. Mesin *roll* untuk meluruskan plat yang sudah dipotong. Plat hasil dari proses pemotongan terkadang mengalami kelengkungan pada bentuknya, untuk itu dibutuhkan proses ini untuk meluruskan plat yang lengkung. Gambar 2.9 menunjukkan sistem *Roll* yang dimiliki oleh perusahaan.



**Gambar 2.9** Sistem *Roll*

2. Mesin *roll bending* berfungsi untuk melengkungkan plat sebagai bahan silinder dan bidang lengkung lainnya. Plat tipis yang sebelum atau sesudah dipotong akan dilengkungkan melalui mesin *roll* ini kemudian plat tersebut selanjutnya akan diproses lagi dengan menggunakan proses *welding* dan *painting*. Proses pembentukan plat ini dilakukan sesuai permintaan konsumen. Gambar 2.10 menunjukkan sistem *Roll Bending* yang dimiliki oleh perusahaan.



**Gambar 2.10** Sistem Roll Bending

#### **6. Proses penekanan (*punching*)**

Mesin *punch* pada umumnya digunakan untuk membuat lubang atau istilah lainnya adalah pengeplongan. Ada beberapa jenis mesin *punch* yang digerakkan secara mekanis dan hidrolis. Untuk mesin *punch* (*Hydrabend*) sering digunakan untuk pembuatan *ring* plat pada *Body Water Dispenser*. Mesin ini dapat melubangi plat dengan ketebalan 2 mm – 6 mm.



**Gambar 2.11** Sistem *Punch*

Pada gambar 2.11 terdapat mesin *punch* dengan proses *blanking*. Proses *blanking* adalah proses pengguntingan plat dengan gaya geser antara *punch* dan *dies*. Prinsip kerja mesin *punch* ini adalah plat diletakkan di antara *punch* dan *dies*. Pada posisi *dies*, plat diletakkan di bawah sementara *punch* terletak pada bagian atas plat dan bergerak ke bawah pemotong sesuai dengan bentuk *punch* yang ada. Plat yang diletakkan di atas *dies* ini dijepit dengan *stopper*. *Stopper* berfungsi menekan plat agar pada saat penekanan dengan *punch* tidak terjadi pergeseran yang menyebabkan bahan plat menjadi keriput. *Dies* dan *punch* merupakan komponen utama pada proses *blanking* ini. Bentuk *dies* dan *punch* disesuaikan dengan bentuk komponen dari bahan plat yang diinginkan. Antara *dies* dan *punch* mempunyai kelonggaran (*clearance*). Kelonggaran ini disesuaikan dengan tebal bahan dan jenis dari bahan plat yang akan di-*blanking*.

## **2.9 Sistem pemeliharaan PT. Ometraco Arya Samanta**

Departemen Pemeliharaan Mesin PT. Ometraco Arya Samanta memiliki 2 jenis perawatan yaitu:

### *a. Corrective Maintenance*

*Corrective maintenance* merupakan kegiatan perawatan atau pemeliharaan yang dilakukan setelah terjadi kerusakan. Perawatan ini dilakukan ketika terdapat

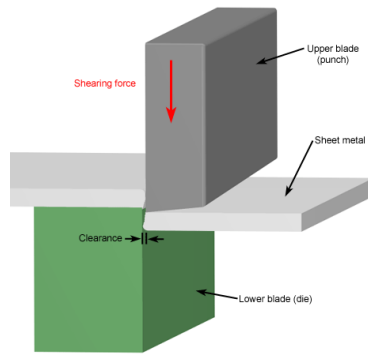
kinerja sistem yang tidak sesuai dengan standar yang ada atau menimbulkan mesin berhenti memproduksi. Kegiatan perawatan ini dilakukan untuk beberapa sistem produksi yang ada, salah satunya terhadap sistem yang diteliti yaitu *Plate-Shearing Machine Guillotine* 16 mm.

*b. Preventive Maintenance*

*Preventive maintenance* merupakan aktifitas perawatan yang bertujuan untuk mencegah terjadinya kerusakan. Perawatan ini dilakukan sebelum terjadinya kegagalan.

## **2.10 *Plate-Shearing Machine***

Proses pemotongan plat tipis pada umumnya adalah proses pemotongan tanpa menghasilkan geram. Lembaran benda kerja yang mengalami pemisahan atau pemotongan dengan menerapkan kekuatan yang cukup besar. Proses pemotongan paling umum dilakukan dengan menerapkan gaya geser dimana proses tersebut disebut juga sebagai proses geser (*shearing process*). Gambar 2.12 menunjukkan proses *shearing*, ketika gaya geser yang cukup besar timbul, tegangan geser dalam benda kerja akan melebihi kekuatan geser utama maka material benda kerja pun akan terpotong pada posisi yang sudah ditentukan. Proses pemotongan ini dibutuhkan dua pisau, pisau pertama berada di atas yang dapat bergerak sedangkan pisau kedua berada di bawah (*stationary*).



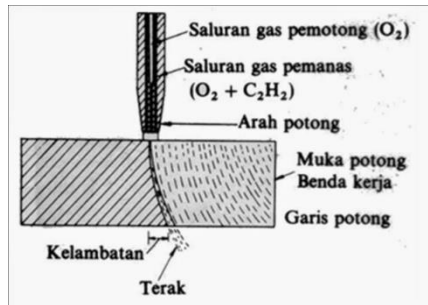
Copyright © 2009 CustomPartNet

**Gambar 2.12** Proses pemotongan plat. (sumber: CustomPartNet, 2009)

Mesin yang digunakan PT. Ometraco Arya Samanta dalam proses ini ada 3 tipe berdasarkan cara kerja dan ketebalan plat. Ketiga mesin tersebut adalah *Plate-Shearing Guillotine* 6 mm dengan sistem hidrolis yang mampu memotong plat dengan tebal 6mm, *Plate-Shearing Machine Guillotine* 3 mm dengan tebal pemotongan 3 mm dan *Plate-Shearing Machine Guillotine* 16 mm dengan sistem eksentrik yang mampu memotong plat dengan tebal 16 mm.

#### **2.10.1 *Plate-Shearing Machine Guillotine* 3 mm**

Mesin potong jenis ini merupakan mesin potong yang menggunakan pembakar antara gas oksigen dengan api pemanas atau biasa disebut mesin potong *brander*. Jenis mesin potong ini tidak menggunakan motor sebagai tenaga untuk menunjang laju pemotongan. Adapun ketebalan pemotongan plat yang dilakukan oleh mesin ini yaitu 3 mm seperti baja karbon rendah ASTM 36. Pada gambar 2.13 menunjukkan proses pemotongan mesin potong brander menggunakan senyawa Oksigen ( $O_2$ ) sebagai gas pemotong dan senyawa Asetilena ( $C_2H_2$ ) sebagai gas pemanas.



**Gambar 2.13** Proses pemotongan pada mesin potong *brander*.  
(sumber: Harsono dan Toshie, 1981)

### 2.10.2 *Plate-Shearing Machine Guillotine 6 mm*

Mesin potong jenis ini menggunakan sistem hidrolis yang menggunakan tenaga *power supply* tenaga hidrolik. Tenaga hidrolik yang dihasilkan untuk memotong adalah pompa hidrolik yang digerakkan oleh motor listrik. Mesin potong hidrolik ini dilengkapi dengan program pada panel *box control*. Pemotongan plat dengan menggunakan mesin ini hanya digunakan untuk plat yang memiliki ketebalan 6 mm.

### 2.10.3 *Plate-Shearing Machine Guillotine 16 mm*

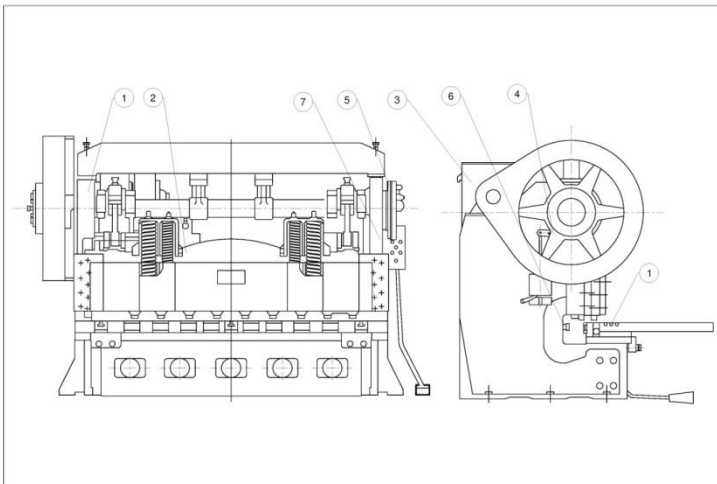
Mesin potong jenis ini menggunakan sistem transmisi daya dimana untuk meneruskan tenaga dari poros satu ke poros yang lain dibantu dengan komponen seperti *gear*, roda gigi dan *belt*. Dengan transmisi memiliki kontak secara langsung antara elemen-elemen poros penggerak dengan yang digerakkan. Roda gigi digunakan untuk mentransmisikan daya besar dan putaran yang tepat serta jarak yang relatif pendek. Gambar 2.4 merupakan mesin potong yang akan memotong plat baja dengan ketebalan 16 mm.





**Gambar 2.14** *Plate-Shearing Machine Guillotine 16 mm*

#### 2.10.4 Bagian-bagian *Plate-Seharing Machine Guillotine 16 mm*



**Gambar 2.15** Desain umum dan instruksi mesin. (sumber: *Operating Instructions For Plate-Shearing Machine Manual Book*, 2009)

Keterangan:

1. *Machine Frame*

*Machine Frame* ini dibuat dari material besi cor. *Machine Frame* berfungsi sebagai bingkai atau frame yang menutup dan menggabungkan beberapa komponen utama.

2. *Tool Holder Driving*

*Tool Holder Driving* berfungsi sebagai penahan atau penopang *upper tool holder*. *Upper tool holder* itu sendiri merupakan komponen yang terdiri dari pegas dan pisau bagian atas. Ketika *upper tool holder* bergerak ke bawah, maka pegas yang ada di dalamnya akan lebih menahan dan menekan material benda kerja sehingga membuat benda kerja tidak dapat bergeser, lalu pisau bagian atas pun memberikan gaya tekan untuk memotong benda kerja.

3. *Gear Box*

*Gear Box* berfungsi untuk mentransfer daya dari *driving motor* dengan induksi tegangan tinggi menuju roda gila dalam kecepatan rendah.

4. *Switch of the Rotary Key*

*Rotary Key* yang berlokasi di dalam *big gear* berfungsi sebagai pengunci posisi poros. Elektromagnet solenoid dikendalikan oleh sebuah pedal. Ketika elektromagnet tersebut bekerja, maka akan membuat *rotary key* berotasi sebesar  $30^{\circ}$  dalam posisi aktif. Sedangkan ketika elektromagnet tidak bekerja, *rotary key* akan berada pada posisi awal atau posisi siaga.

5. *Brake*

*Brake* digunakan untuk mengendalikan engkol pada poros engkol untuk menghentikan posisi atas; *Brake* juga berguna untuk menstabilkan *upper tool holder* ketika berada pada gerakan maju mundur dalam satu sumbu atau garis.

6. *Rear Retaining Bracket*

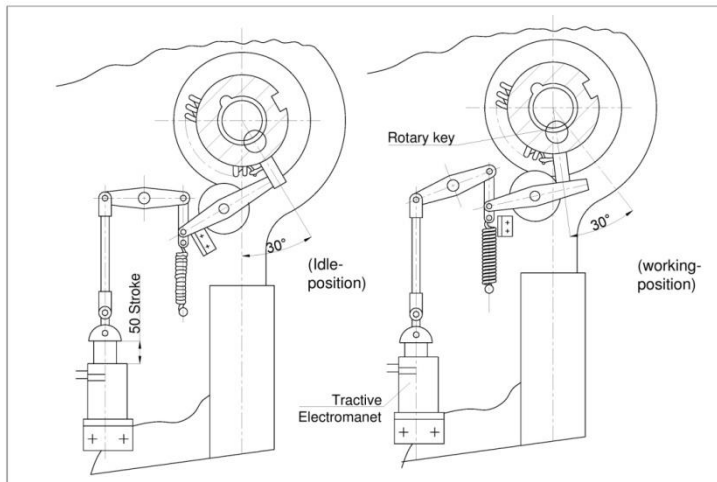
*Rear Retaining Bracket* adalah komponen yang digunakan untuk memposisikan lebar benda kerja menjadi posisi yang tepat untuk dipotong.

7. *Electric Control Box*

*Electric Control Box* berfungsi untuk mengatur dan menjalankan proses pemotongan. Untuk menyalakan motor, mengatur kecepatan pemotongan, menyalakan tombol-tombol elektrik lainnya [9].

### **2.10.5 Prinsip kerja *Plate-Shearing Machine Guillotine* 16 mm**

Proses pemotongan dimulai dengan meletakkan plat pada meja pemotongan atau *machine frame*. Setelah posisi plat sudah ditentukan sesuai dengan *marking* atau posisi yang akan dipotong, lalu lembaran plat tersebut dijepit oleh dua besi dan disejajarkan pada *Rear Retaining Bracket* agar plat menjadi kuat pemasangannya dan tidak dapat bergeser. Motor yang menjadi penggerak atau sumber *power* dari mesin ini adalah motor diesel. Dari putaran motor ini ditransmisikan dengan *belt* datar dan menggerakkan *gear box*. Pada *gear box* inilah kecepatan putaran tersebut dapat direduksi lalu ditransfer menghasilkan putaran pada poros yang juga akan berputar pada roda gila.



**Gambar 2.16** Posisi *Rotary Key* pada saat siaga dan bekerja.  
(sumber: *Operating Instructions For Plate-Shearing Machine Manual Book*, 2009)

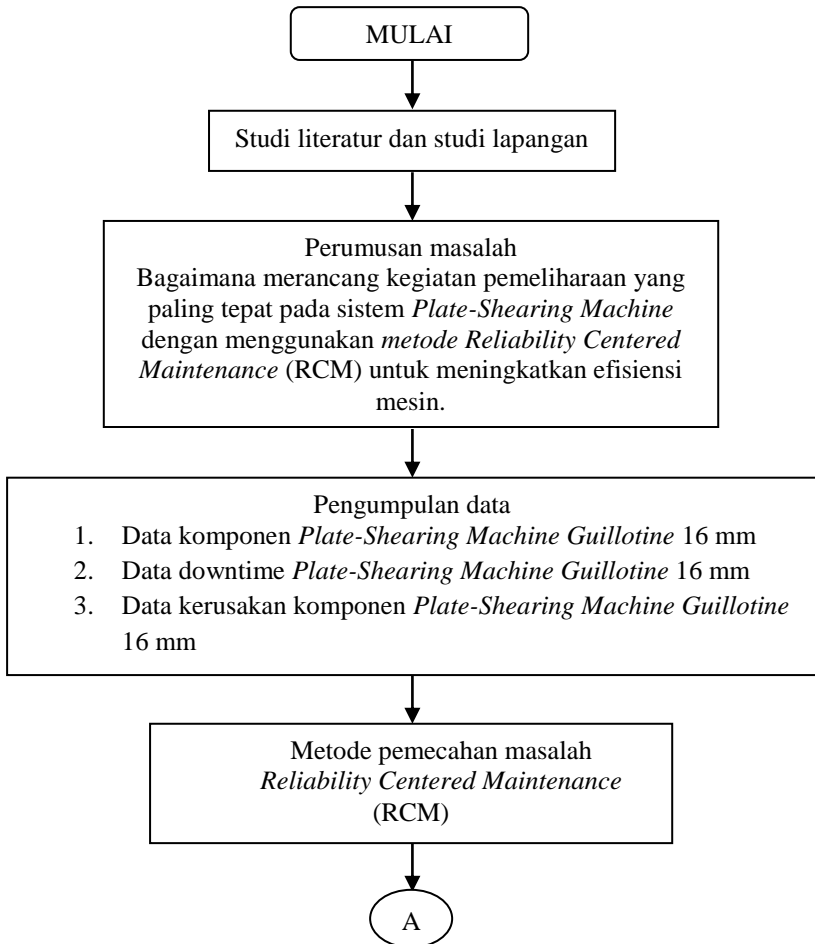
Gambar 2.16 menunjukkan langkah kerja *rotary key* yang berfungsi sebagai pengunci poros pada posisi siaga dan posisi bekerja. Pada saat posisi bekerja atau *working position*, elektromagnet *solenoid* atau yang disebut *tractive electromagnet* akan menarik *stroke* sedalam 50 mm dan menarik posisi *rotary key* berotasi sebesar  $30^{\circ}$  clockwise. Putaran *rotary key* tadi hanya terjadi sekali dan *tractive electromagnet*-pun kembali ke posisi awal. Pada saat *rotary key* berotasi  $30^{\circ}$ , maka roda gila berputar satu kali putaran dan membuat *upper tool holder* yang terdiri dari pisau bergerak ke arah bawah dan mulai melakukan pemotongan. Proses pemotongan ini akan terjadi terus menerus ketika operator melakukan kembali untuk mengaktifkan *tractive electromagnet* dengan menginjakkan pedal *switch* [9].

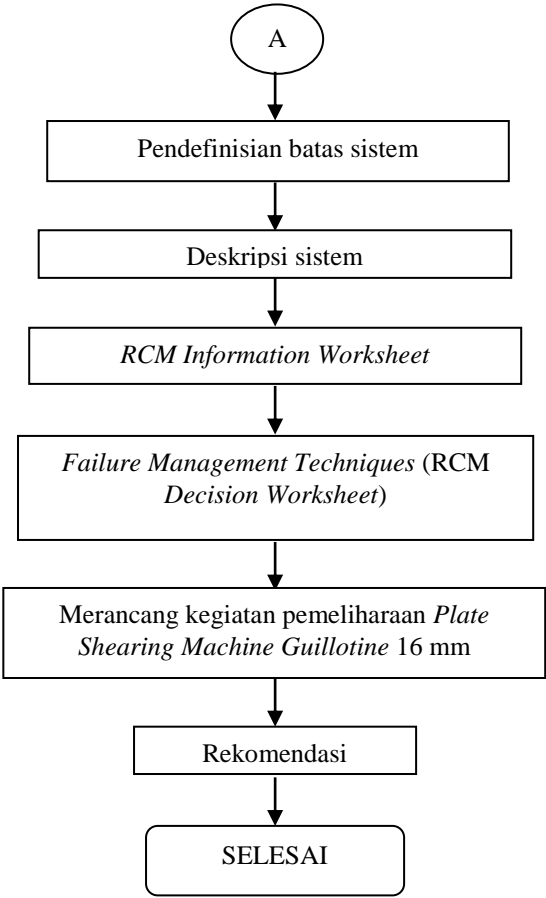
(Halaman ini sengaja dikosongkan)

## BAB III METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Diagram Alir Penelitian

Penelitian Tugas Akhir ini dilaksanakan dengan mengikuti diagram alir penelitian sebagai berikut:





**Gambar 3.1** Diagram Alir Penelitian

**3.2 Metodologi Penelitian**

Diagram alir penelitian pada gambar 3.1 di atas dijelaskan sebagai berikut.

### **3.2.1 Studi Literatur, Studi Lapangan dan Identifikasi Permasalahan**

Langkah awal yang dilakukan untuk tugas akhir ini adalah studi lapangan ke PT. Ometraco Arya Samanta. Studi lapangan dilakukan untuk mengetahui kondisi perusahaan sehingga dapat dilakukan identifikasi permasalahan yang diangkat dalam tugas akhir ini. Tahap ini juga menyangkut area spesifik yang digunakan untuk mendapatkan data-data yang mendukung penelitian yaitu Unit TA dan Reliabilitas, Departemen Pemeliharaan PT. Ometraco Arya Samanta. Seiring dengan studi lapangan yang dilakukan juga diikuti dengan studi literatur. Studi literatur dilakukan untuk memberikan pengetahuan-pengetahuan dasar yang mendalam untuk pemahaman obyek peneliti. Studi literatur juga merupakan tahap dimana untuk mengumpulkan informasi-informasi yang diperlukan mempunyai hubungan dengan penelitian yang diambil, baik berupa jurnal, karya tulis, ataupun tulisan-tulisan yang berkaitan dengan permasalahan yang akan dibahas. Dengan demikian akan didapat suatu dasar teori yang menunjang untuk mengatasi permasalahan obyek yang diteliti.

### **3.2.2 Perumusan Masalah**

Tahap selanjutnya adalah merumuskan masalah yang dijadikan objek dalam penelitian ini. Objek yang diteliti adalah pada sistem *Plate-Shearing Machine*. Alasan pemilihan sistem tersebut karena sistem ini mempunyai frekuensi *downtime* yang *random* dalam 6 tahun terakhir ini, diantaranya ada beberapa komponen yang memiliki frekuensi *downtime* yang tinggi. Oleh karena itu perlu menentukan perancangan kegiatan perawatan *preventive* yang efektif agar *Plate-Shearing Machine* dapat berfungsi lebih efisien sebagaimana mestinya tanpa adanya penggantian-penggantian komponen secara tiba-tiba bilang mengalami kerusakan.

### **3.2.3 Pengumpulan Data**

Pada tahap ini data yang dikumpulkan mulai dari April 2010 sampai dengan Agustus 2016. Data-data tersebut yaitu:



1. Data komponen *Plate-Shearing Machine*
2. Data downtime *Plate-Shearing Machine*
3. Data kerusakan komponen *Plate-Shearing Machine*

### **3.2.4 Metode Pemecahan Masalah**

Setelah informasi dan data pendukung yang diperlukan telah terkumpul akan dilanjutkan dengan menentukan pemeliharaan yang tepat dengan menggunakan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM).

### **3.2.5 Pendefinisian Batas Sistem**

Pada tahap ini akan ditentukan batasan-batasan sistem yang akan dianalisa dari *Piping and Instrument Diagram* yang tersedia. Hal ini dilakukan untuk menjelaskan batasan-batasan suatu sistem yang diteliti. Perumusan *System Boundary Definition* yang baik dan benar akan menjamin keakuratan proses analisis sistem.

### **3.2.6 Deskripsi Sistem**

Tahap ini akan menjelaskan sistem yang akan diteliti, meliputi cara kerja sistem serta penggunaan instrumen yang ada dalam sistem. Pada tahap ini juga akan dijelaskan fungsi, input dan output dari tiap subsistem.

### **3.2.7 RCM Information Worksheet**

Pada tahap ini akan disajikan tabel yang berisi Function, Functional Failure, Failure Mode dan Failure Effect yang digunakan untuk mengidentifikasi penyebab dan efek dari kegagalan yang terjadi pada setiap subsistem pada *Plate-Shearing Machine*.

### **3.2.8 Failure Management Techniques**

Pada tahap ini implementasi teknik manajemen kegagalan akan menggunakan *RCM Decision Worksheet*. *RCM Decision Worksheet* bertujuan untuk menggolongkan *Failure Mode* yang terjadi kedalam kategori konsekuensi kegagalan yang ada pada metode RCM.

### **3.2.9 Perancangan Kegiatan Pemeliharaan**

Tahap ini akan menentukan metode pemeliharaan yang tepat pada setiap komponen yang berpengaruh besar terhadap keelamatan pekerja dan kegiatan operasional.

#### **3.2.10 Rekomendasi**

Setelah melakukan pemecahan masalah dengan metode tersebut di atas, kemudian penulis menarik suatu kesimpulan dari hasil penelitian yang di lakukan di PT. Ometraco Arya Samanta dan memberikan masukan atau saran-saran kepada bagian pemeliharaan (*maintenance*) agar pencapaian untuk melakukan *schedule preventive maintenance* dapat dilakukan dengan optimal.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

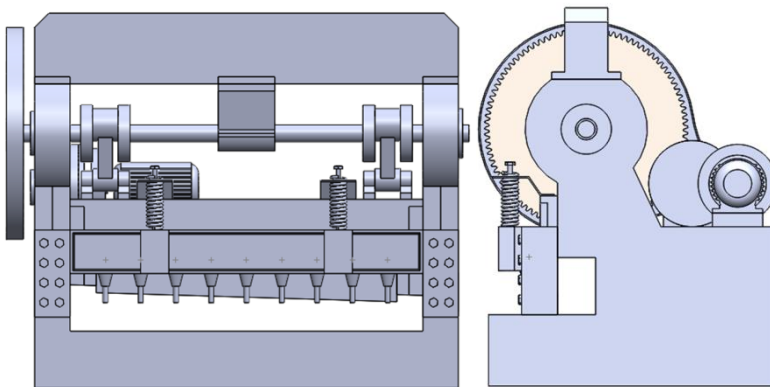
## **BAB IV**

### **PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA**

Pada bab ini akan dijelaskan data-data yang dibutuhkan dalam penelitian, yaitu data kualitatif yang berkaitan dengan kegiatan perawatan yang terdapat pada obyek penelitian. Selanjutnya data-data tersebut akan diolah dengan menggunakan metode sesuai dengan metodologi penelitian yang telah ditentukan. Proses pengolahan data diawali dengan mengidentifikasi proses produksi yaitu proses pembentukan plat yang dilakukan oleh PT. Ometraco Arya Samanta. Pada proses pemotongan plat yang mana sistem pemotongan dijadikan objek penelitian akan dianalisis sistem dan subsistem-subsistem pendukungnya. Analisis meliputi uraian dari setiap fungsi subsistem dan aliran kerja antar fungsi subsistem yang membentuk satu kesatuan sistem. Tahapan selanjutnya akan dibuat RCM *Information Worksheet* yang berisi penjelasan fungsi (*Function*), kegagalan fungsi (*Functional Failure*), modus kegagalan (*Failure Mode*) dan efek kegagalan (*Failure Effect*). Dari RCM *Information Worksheet* kita dapat mengetahui penyebab dan efek kegagalan yang terjadi pada subsistem *Plate-Shearing Machine Guillotine 16 mm*. Selanjutnya akan dibuat RCM *Decision Worksheet* yang terdiri dari 4 kategori konsekuensi kegagalan, yaitu *Hidden Failure Consequences*, *Safety Consequences*, *Environmental Consequences* dan *Operational Consequences*. Data-data yang diperoleh setelah menganalisa kegagalan subsistem yang diteliti pada RCM *Information Worksheet* kemudian akan ditentukan konsekuensinya. Keempat kategori konsekuensi kegagalan yang ada pada RCM *Decision Worksheet* akan menjadi dasar penentuan jenis perawatan yang tepat pada sistem tersebut. Tahap terakhir adalah memberikan rekomendasi berupa daftar tindakan dan kegiatan perbaikan yang harus dilakukan pada sistem *Plate-Shearing Machine Guillotine 16 mm*.

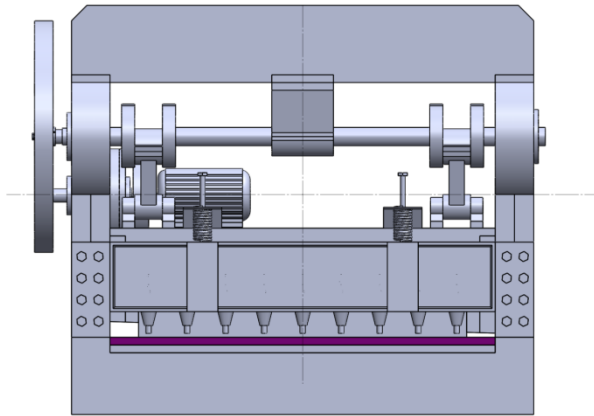
#### 4.1 Analisis Sistem *Plate-Shearing Machine Guillotine* 16 mm

Pada tahap ini akan dilakukan analisis sistem. Analisa dengan menggunakan metode RCM dilakukan pada level sistem dan kemudian pada level komponen. Hal ini dikarenakan kegagalan fungsi suatu sistem dapat dilihat pada level sistem terlebih dahulu kemudian setelah itu ditentukan fungsi sistem tersebut pada level komponen. Berdasarkan proses pembentukan plat yaitu proses pemotongan di PT. Ometraco Arya Samanta maka sistem *Plate-Shearing Machine Guillotine* 16 mm dipilih sebagai objek penelitian pada tugas akhir ini. Gambar 4.1 merupakan *design* sistem *Plate-Shearing Machine Guillotine* 16 mm.



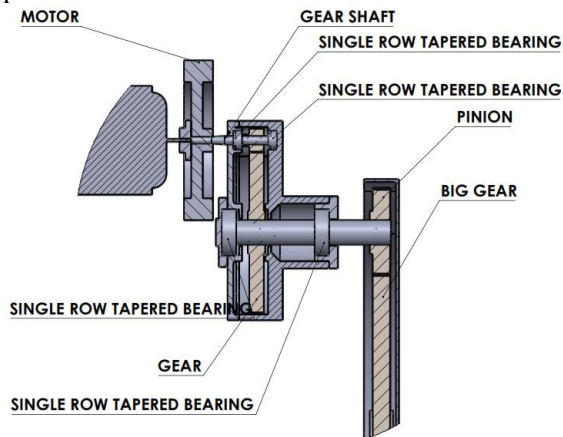
**Gambar 4.1** *Design Plate-Shearing Machine Guillotine* 16 mm.

Subsistem *Machine Frame* pada *Plate-Shearing Machine Guillotine* 16 mm ini terbuat dari material besi cor yang mampu menutup semua *driving system* yang ada di dalamnya. Gambar 4.2 menunjukkan *design Machine Frame*.



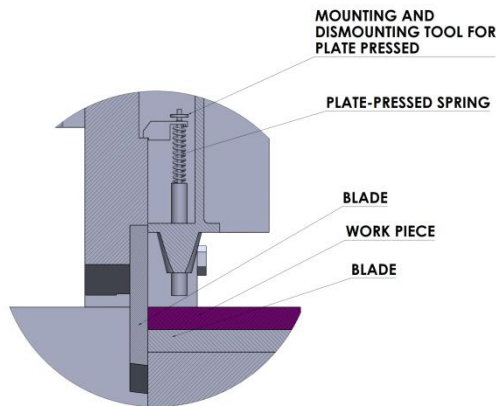
**Gambar 4.2 Machine Frame.**

Pada subsistem *Gear Box*, daya yang diperoleh dari sebuah driving motor akan ditransmisikan dengan induksi tegangan tinggi menuju komponen driving lainnya, diantaranya adalah *Gear Shaft*, *Single Tapered Bearing*, *Pinion*, *Big Gear*, *Belt*, *Fly Wheel* dan *Shaft*. Gambar 4.3 menunjukkan *driving system* pada *Gear Box*.



**Gambar 4.3** *Driving system pada Gear Box.*

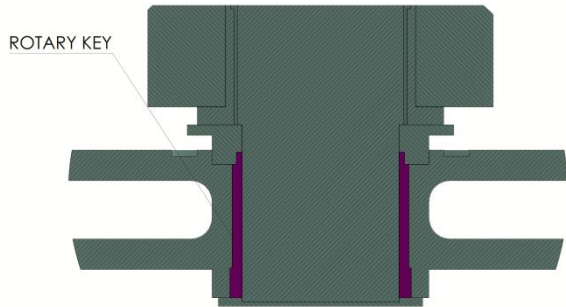
Subsistem lain yang ada pada *Plate-Shearing Machine Guillotine* 16 mm adalah *Plate-pressed Bracket*. Subsistem ini berfungsi untuk menggerakkan posisi pada komponen pisau atas yang telah mendapatkan daya yang sudah ditransmisikan dari putaran poros dan *rotary key* yang menghubungkan spring agar membuat pisau atas pada *upper tool holder* turun dan memotong benda kerja. Pisau pada *Plate-Shearing Machine Guillotine* 16 mm memiliki 2 posisi pada bagian atas yang dapat bergerak dan bagian bawah yang *stationary*. Gambar 4.4 menunjukkan subsistem *Plate-pressed Bracket* yang terdiri dari pegas (*spring*) yang membuat pisau bagian atas turun, 2 buah pisau bagian atas dan bawah dan *mounting and dismounting tool*.



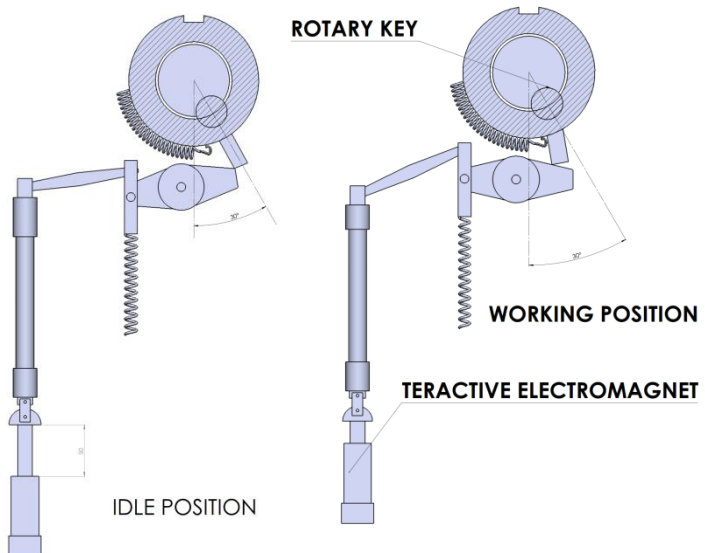
**Gambar 4.4** *Plate-pressed Bracket.*

Pada subsistem *Rotary Key* yang berfungsi sebagai pengunci poros dan pengendali adaptor yang dayanya didapat dari transmisi arus listrik yang digerakkan oleh *Tractive Electromagnet* memiliki peranan yang sangat penting untuk menurunkan pisau. Tidak heran *Rotary Key* sering mengalami kerusakan seiring berjalannya waktu. Gambar 4.5 adalah posisi *Rotary Key* yang mengunci poros pada saat poros menerima daya

dan mengendalikan *adaptor* agar memudahkan pegas (*spring*) menurunkan pisau bagian atas.



**Gambar 4.5** Posisi subsistem *Rotary Key*.



**Gambar 4.6** Skema *Switch of Rotary Key*.



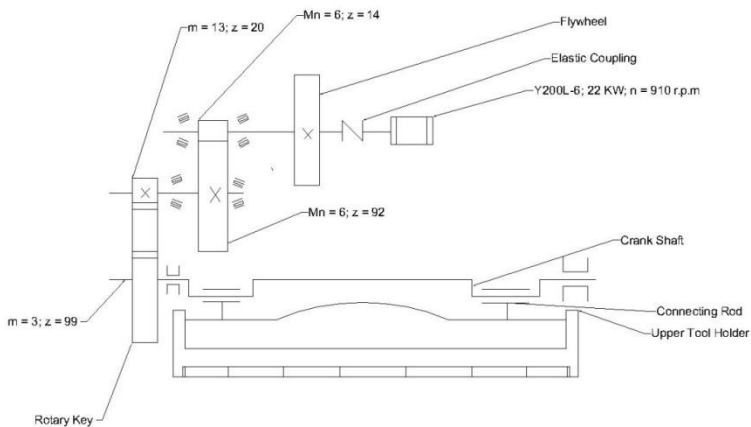
Gambar 4.6 menunjukkan proses subsistem *Rotary Key* pada saat posisi bekerja atau *working position*, elektromagnet *solenoid* atau yang disebut *Tractive Electromagnet* akan menarik *stroke* sedalam 50 mm dan menarik posisi *Rotary Key* berotasi sebesar  $30^{\circ}$  *clockwise*. Putaran *Rotary Key* tadi hanya terjadi sekali dan *Tractive Electromagnet*-pun kembali ke posisi awal. Pada saat *Rotary Key* berotasi  $30^{\circ}$ , maka roda gila berputar satu kali putaran dan membuat *Upper Tool Holder* yang terdiri dari pisau bergerak ke arah bawah dan mulai melakukan pemotongan. Proses pemotongan ini akan terjadi terus menerus ketika operator melakukan kembali untuk mengaktifkan *Tractive Electromagnet* dengan menginjakkan pedal atau *switch*.



**Gambar 4.7** *Plate-Shearing Machine Guillotine 16 mm*

Gambar 4.7 menunjukkan proses pemotongan menggunakan *Plate-Shearing Machine Guillotine 16 mm* oleh operator yang digerakkan oleh motor elektrik tipe Y200L-6TH yang memiliki kekuatan 22 KW dan kecepatan 910 r.p.m dengan proses kerjanya: pertama motor, melalui kopling yang elastis, menggerakkan *Shaft* dari *Cylindrical Helical Gear* dengan  $m_n = 6$ ,  $z = 14$  yang terletak terletak di dalam *Gear Box* dan putaran

*shaft* tersebut akan meneruskan tenaga kepada roda gila kemudian *cylindrical helical gear* yang kedua dengan  $m = 13$ ,  $z = 92$  yang terletak di atas *shaft* bagian tengah digerakkan oleh *Helical Gear* bagian atas sehingga sayap dengan  $m = 13$ ,  $z = 20$  yang berada pada *shaft* bagian tengah akan menggerakkan *Gear* besar dengan  $m = 13$ ,  $z = 99$ . Ketika *Gear* besar bergerak, melalui kantong *rotary key*, gerakan akan ditransmisikan menuju *Crank Shaft* yang terhubung ke *Upper Tool Holder* dan akan menimbulkan gerakan balas-membalas (*reciprocating*) dalam untuk memulai pemotongan yang dilakukan oleh pisau [9]. Gambar 4.8 merupakan skema *driving system* pada *Plate-Shearing Machine Guillotine 16 mm*.



**Gambar 4.8** Skema *Driving System*

**Tabel 4.1** Parameter Dasar Sistem *Plate-Shearing Machine Guillotine* 16 mm

No.	Designations	Value	Unit	Remarks
1	Maximum thickness of plate material for shearing in possible	16	mm	
2	Maximum width of plate material for shearing in possible	2500	mm	
3	Tensile strength limit of plate material	< 500	N/mm <sup>2</sup>	
4	Throat depth of the machine	230	mm	
5	Shearing angle of the upper tool holder	3	degree	
6	Shearing frequencies of the upper tool holder	10	times/minutes	
7	Stroke numbers of the upper tool holder	28	times/minutes	
8	Flywheel speed	910	r.p.m	
	Maximum plate-pressed force	20700	N	
10	Distance between the frame sides	2540	mm	
11	Maximum positioning distance of the rear retaining bracket	460	mm	
12	Overall length of the blade	2540	mm	
13	Height of the working table above the floor	678	mm	
14	Motor	Type	Y200L-6	

			Power	22	KW	
			Speed	910	r.p.m	
15	Dimensions of machine	Length	3595		mm	
		Width	2160		mm	Including front bracket
		Height	2440		mm	
16	Weight of the machine				kg	

#### 4.2 Analisis Pemilihan Komponen Kritis

Dari hasil penentuan komponen-komponen kritis akan dapat memetakan komponen apa yang dapat menyebabkan kegagalan dari *Plate-Shearing Machine Guillotine* 16 mm. Penentuan komponen ini didasarkan pada seringnya komponen tersebut mengalami kegagalan. Data laporan kerusakan tahun 2010-2016 dari departemen *maintenance* perusahaan ditunjukkan pada tabel 4.2. Pemilihan komponen yang memiliki frekuensi kegagalan paling tinggi adalah *Rotary Key*, *Tractive Electromagnet* dan *Ball Bearing* yang mana selanjutnya ketiga komponen tersebut akan dilakukan analisa penyebab dan efek kegagalan.

**Tabel 4.2** Data Laporan Kerusakan *Hall III Plate-Shearing Machine Guillotine* 16 mm

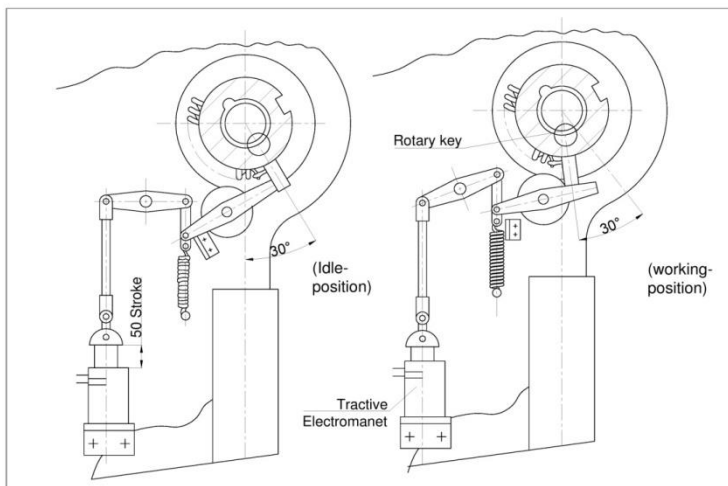
No.	Tanggal Mulai	Tanggal Selesai	Uraian	Jumlah	Downtime (Jam)
1	17-Apr-10	17-Apr-10	Ganti Pisau Mesin Potong	1 Set	9
2	17-Apr-10	18-Apr-10	Ganti As Roda Gila	1 Buah	9
3	28-Jun-10	28-Jun-10	Ganti As Roda Gigi	1 Buah	8
4	18-Sep-11	18-Sep-11	Ganti Pisau Mesin Potong	1 Set	7
5	12-Dec-12	12-Dec-12	Balik Pisau Mesin Potong	1 Set	8,5
6	1-Apr-13	1-Apr-13	Motor Switch (Digulung)	1 Buah	8
7	27-Jun-13	28-Jun-13	Ganti Pier Magnet (Putus)	1 Buah	8,5
8	30-Aug-13	31-Aug-13	Ganti Oli Gear Box	50 Liter	9
9	28-Sep-13	29-Sep-13	Ganti Oli Gear Box	50 Liter	9
10	15-Jan-14	16-Jan-14	Tangki Oli Gear Box (Bocor)	1 Buah	7
11	19-Jan-14	20-Jan-14	Tangki Oli Dipasang Kembali	1 Buah	7,5
12	20-Apr-14	20-Apr-14	Balik Pisau Mesin Potong	1 Set	8

13	16-May-14	16-May-14	Setting Pisau Mesin Potong	1 Set	8
14	8-Dec-14	9-Dec-14	Ganti Rotary Key	1 Buah	10
15	11-Sep-15	11-Sep-15	Magnet Selenoid Terbakar	1 Buah	0
16	15-Sep-15	17-Sep-15	Pemasangan Magnet Solenoid	1 Buah	17
17	17-Nov-15	18-Nov-15	Ganti Bearing 32315 Untuk Gear Box	1 Buah	6
18	17-Nov-15	17-Nov-15	Ganti Bearing 32316 Untuk Gear Box	1 Buah	6
19	18-Nov-15	18-Nov-15	Oli RORED HDA90	40 Liter	4
20	30-Nov-15	30-Nov-15	Setting Pisau Mesin Potong	1 Set	5
21	12-Feb-16	12-Feb-16	Magnet Selenoid Terbakar (Service di luar)	1 Buah	0
22	12-Feb-16	14-Feb-16	Magnet Selenoid Selesai Dipasang	1 Buah	16
23	18-May-16	19-May-16	Ganti Rotary Key	1 Buah	9,5
24	22-Aug-16	22-Aug-16	Ganti Pisau Yang Tumpul	10 Pcs	8
25	13-Sep-16	15-Sep-16	Ganti Magnit Solenoid	1 Buah	15
26	10-Oct-16	11-Oct-16	Ganti Rotary Key yang Bengkok	1 Buah	9
27	18-Oct-16	20-Oct-16	Ganti Magnit Solenoid yang Konslet	1 Buah	16

### 4.3 *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)*

Berdasarkan data laporan kerusakan *HALL III Plate-Shearing Machine Guillotine* 16 mm dari Departemen *Maintenance* PT. Ometraco Arya Samanta dan penjelasan pemilihan komponen yang memiliki frekuensi kegagalan tertinggi akan dilakukan analisa penyebab dan efek kegagalan dengan menggunakan *RCM Information Worksheet* untuk ketiga subsistem tersebut. Tahap analisis dilakukan untuk menentukan *Function* (Fungsi), *Functional Failure* (Kegagalan Fungsi), *Failure Mode* (Modus Kegagalan) dan *Failure Effect* (Efek Kegagalan) dari 3 subsistem *Plate-Shearing Machine Guillotine* 16 mm.

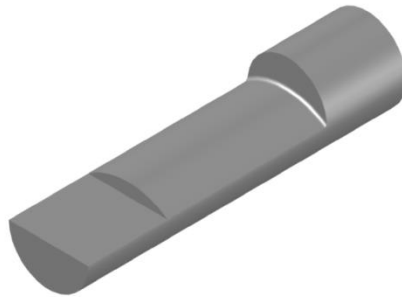
#### 4.3.1 *Rotary Key*



**Gambar 4.9** Posisi *Rotary Key* pada saat proses putaran siaga dan bekerja.

Dari masing-masing fungsi subsistem yang sudah dipaparkan di atas, diketahui subsistem *Switch of Rotary Key* yang memiliki peranan penting untuk mengunci poros dan

mengendalikan adaptor agar posisi pisau dapat bergerak turun dengan bantuan pegas. Seiring berjalannya waktu komponen-komponen yang berkerjaja pada subsistem ini sering mengalami kegagalan fungsi diakibatkan modus kegagalan yang ditimbulkan. Untuk itu subsistem ini dianalisa untuk mengetahui kegagalan apa yang terjadi dan memberikan solusi *maintenance task* yang tepat bagi komponen-komponen yang sering gagal. Pada gambar 4.9 menunjukkan langkah kerja subsistem *Switch of Rotary Key* yang bergerak pada posisi siaga dan posisi bekerja. Gambar 4.10 menunjukkan desain *Rotary Key* yang terdapat di mesin potong ini.



**Gambar 4.10** *Rotary Key*

#### **4.3.1.1 Pengumpulan Data Kerusakan *Rotary Key***

Berdasarkan data dari Departemen *Maintenance* PT. Ometraco Arya Samanta subsistem yang sering mengalami kerusakan tertinggi yaitu *Rotary Key* yang berfungsi sebagai pengunci posisi poros pada *Upper Tool Holder* yang terletak di dalam *Big Gear*. Pada saat proses pemotongan dilakukan, *Rotary Key* yang menjadi salah satu subsistem utama pengunci poros saat berputar, menerima beban, tekanan dan gesekan sehingga seiring berjalannya waktu dapat merusak subsistem *Rotary Key* itu sendiri. Kegagalan yang terjadi pada *Rotary Key* bisa berupa keausan Gambar 4.11 menunjukkan komponen *Rotary Key* yang aus.





**Gambar 4.11** *Rotary Key Aus.*

**4.3.1.2 RCM Information Worksheet Tractive Electromagnet**

**Tabel 4.3** *RCM Information Worksheet Rotary Key*

RCM Information Worksheet					Rotary Key
No	Function (Fungsi)	Functional Failure (Kegagalan Fungsi)		Failure Mode (Modus Kegagalan)	Failure Effect (Efek Kegagalan)
1	Mengunci posisi poros pada <i>upper tool holder</i> di dalam <i>big gear</i> .	A	Poros tidak terkunci, terjadi putaran yang <i>loss</i>	1 Terdapat <i>clearance</i> antara posisi <i>rotary key</i> dan poros.	Pisau bagian atas ( <i>upper blade</i> ) tidak turun sehingga tidak memotong plat.

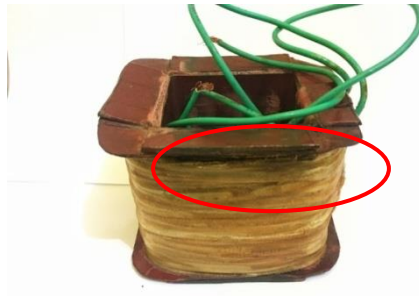
2	Menghubungkan adaptor yang ada di dalam <i>big gear</i> agar <i>rotary key</i> berotasi 30° pada saat posisi kerja.	A	<i>Rotary key</i> tidak berotasi 30° pada saat posisi kerja.	1	<i>Clicking sound, rotary key</i> tertahan pada saat poros terus berputar normal.	Daya yang ditransmisikan dari putaran motor tidak bisa diteruskan kepada roda gila dan membuat <i>upper tool holder</i> yang terdiri dari pisau bagian atas tidak turun.
				2	<i>Rotary key</i> aus.	
				3	<i>Rotary key</i> patah dan bending	

#### 4.3.2 *Tractive Electromagnet*

*Tractive Electromagnet* adalah sebuah elemen mesin yang berfungsi sebagai penggerak *stroke* menggunakan sistem elektro pneumatik. Elektro pneumatik merupakan pengembangan dari pneumatik dimana prinsip kerjanya memilih energi pneumatik sebagai media kerja (tenaga penggerak), sedangkan media kontrolnya menggunakan sinyal elektrik. Sinyal elektrik dialirkan ke kumparan yang terpasang pada katup pneumatik dengan mengaktifkan saklar, sensor ataupun saklar pembatas yang berfungsi sebagai penyambung atau pemutus sinyal.

#### **4.3.2.1 Pengumpulan Data Kerusakan *Tractive Electromagnet***

Kerusakan yang sering terjadi pada subsistem *Tractive Electromagnet* yaitu kumparan yang terpasang terbakar. Kumparan yang terbakar ini disebabkan penggantian material yang tidak sesuai dengan material awal dan pemasangan lilitan tidak sesuai dengan prosedur atau desain awal. Gambar 4.12 menunjukkan *Tractive Electromagnet* yang terbakar.



**Gambar 4.12** *Tractive Electromagnet* terbakar.

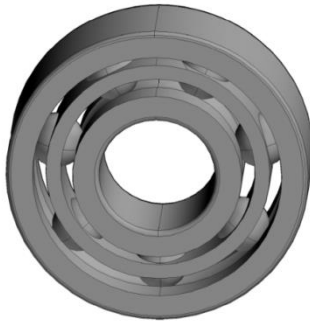
#### **4.4.1.2 RCM Information Worksheet *Tractive Electromagnet***

**Tabel 4.4** RCM *Information Worksheet Tractive Electromagnet*

RCM Information Worksheet				Tractive Electromagnet
No	Function (Fungsi)	Functional Failure (Kegagalan Fungsi)	Failure Mode (Modus Kegagalan)	Failure Effect (Efek Kegagalan)
1	Pedal atau <i>switch</i> yang ditekan lalu akan menarik <i>stroke</i> sedalam 50 mm	A	1	<i>Scorched.</i> Kumparan atau lilitan kawat terbakar
			2	<i>Burning smell</i>
Daya yang dihasilkan dari <i>stroke</i> tidak membuat <i>connecting rod</i> menarik <i>rotary key</i> pada <i>working position</i> 30° clockwise				

#### 4.3.3 *Ball Bearing*

*Ball Bearing* adalah salah satu subsistem yang berperan sebagai bantalan untuk menumpu sebuah poros agar poros dapat berputar tanpa mengalami gesekan yang berlebihan. Gesekan akan membuat sebuah komponen pada mesin menjadi rusak, oleh sebab itu dibutuhkan sebuah bantalan yang berfungsi untuk menumpu sebuah poros. Gambar 4.13 menunjukkan desain umum *Ball Bearing*.



**Gambar 4.13** *Ball Bearing*.

##### 4.3.3.1 *Pengumpulan Data Kerusakan Ball Bearing*

Pada subsistem *Ball Bearing*, kerusakan yang terjadi salah satunya adalah terjadi korosi pada material yang disebabkan oleh gesekan fluida atau atmosfer (*environment*) yang korosif. Pada gambar 4.14 menunjukkan area atau noda merah dan coklat pada bola dan *raceways*.



**Gambar 4.14** *Ball Bearing* terkorosi.

**4.3.3.2 RCM Information Worksheet *Ball Bearing***

**Tabel 4.5** *RCM Information Worksheet Ball Bearing*

RCM Information Worksheet				Ball Bearing
N o.	Function (Fungsi)	Functional Failure (Kegagalan Fungsi)	Failure Mode (Modus Kegagalan)	Failure Effect (Efek Kegagalan)
1	Mentransmisi daya dari motor menuju <i>shaft</i> dari <i>cylindrical helical gear</i> yang terletak di dalam <i>gear box</i> dan putaran <i>shaft</i> tersebut akan meneruska	A Gagal mentransmisikan daya dari motor menuju <i>shaft</i>	1 <i>Ball bearing</i> mengalami keausan	Poros atau <i>shaft</i> tidak berputar dengan sempurna.

	n tenaga kepada roda gila				
				2	<i>Ball bearing</i> terkorosi, <i>red/brown</i> <i>stains or</i> <i>deposits on</i> <i>rings.</i>
				3	<i>High</i> <i>temperature</i>  <i>Ball bearing</i> yang semakin lama semakin panas akan menyebabkan keausan dan tidak bisa menumpu atau mentransmisikan daya ke poros.

#### 4.4 Analisis Maintenance Task

Pada tahap ini analisis *maintenance task* ditentukan menggunakan RCM *Decision Worksheet* terhadap RCM *Information Worksheet* yang telah dideskripsikan sebelumnya. Berdasarkan hasil diskusi dengan pihak Departemen Maintenance PT. Ometraco Arya Samanta, *maintenance* yang tepat ditentukan dengan menggunakan RCM *Decision Diagram* untuk beberapa subsistem pada *Plate-Shearing Machine Guillotine* 16 mm yang sering mengalami *trouble*. Pada subsistem *Rotary Key* terdapat 4 *Failure Mode* yang timbul, 1 *Failure Mode* dapat dicegah dengan *Decision Default Action* yaitu *Scheduled Finding Failure* dan 3 *Failure Mode* lainnya dicegah dengan *Scheduled Discard Task*. Pada subsistem

*Tractive Electromagnet* terdapat 2 *Failure Mode*, 1 *Failure Mode* dapat dicegah dengan *Default Action* mendesain ulang subsistem (*redesign*) dan 1 *Failure Mode* dapat dicegah dengan *Scheduled On Condition Task*. Pada subsistem *Ball Bearing* terdapat 3 *Failure Mode* yang terjadi, 1 *Failure Mode* dapat dicegah dengan *Default Action Scheduled Finding Failure* yang sekaligus dapat dilakukan penggantian pada subsistem tersebut dan 2 *Failure Mode* lainnya dapat dicegah dengan *Scheduled Discard Task Maintenance Task* untuk ketiga subsistem yang sudah dianalisis dapat dilihat secara lengkap pada tabel 4.6 hingga tabel 4.8.

**Tabel 4.6** RCM Decision Worksheet Rotary Key

RCM Decision Worksheet													
Information Reference			Consequence Evaluation				H1	H2	H3	Default Action			Proposed Task
							S1	S2	S3				
							O1	O2	O3				
F	FF	FM	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4	
1	A	1	Y	N	N	Y	N	N	N	Y			Pengecekan atau <i>adjust clearance</i> antara <i>rotary key</i> dan poros secara periodik, <i>scheduled failure finding</i> , dilakukan pada saat proses produksi pemotongan serta pengecekan pisau yang turun dan memotong plat dengan sempurna.



2	A	1	N	N	N	Y	N	N	Y				Pengecekan putaran poros dan <i>rotary key</i> serta melakukan <i>Ultrasonic Testing (UT)</i> di <i>gear box</i> . Penggantian <i>rotary key</i> saat <i>overhaul, scheduled discard task</i>
2	A	2	Y	N	N	Y	N	N	Y				Penggantian <i>rotary key</i> saat <i>overhaul, scheduled discard task</i>
2	A	3	N	N	N	Y	N	N	Y				Pengecekan <i>plate-pressed spring</i> turun atau tidak. Penggantian <i>rotary key</i> saat <i>overhaul, scheduled discard task</i> .

**Tabel 4.7** RCM *Decision Worksheet* Tractive Electromagnet

RCM <i>Decision Worksheet</i>														
Information Reference			Consequence Evaluation				H1	H2	H3	Default Action			Proposed Task	
							S1	S2	S3					
							O1	O2	O3					
F	FF	FM	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4		
1	A	1	N	Y	Y	Y	N	N	N	N	Y		Pengecekan <i>stroke</i> harus sedalam 50 mm dan pergerakan <i>connecting rod</i> hingga <i>rotary key</i> . Penggantian <i>tractive electromagnet</i> dengan mendesain ulang ( <i>redesign</i> ) dari segi material hingga lilitan kawat atau kumparan yang tersusun, dilakukan saat <i>overhaul</i> .	
1	A	2	N	Y	Y	Y	Y						Pengecekan pedal atau <i>switch</i> serta <i>stroke</i> pada <i>tractive electromagnet</i> , <i>scheduled on condition task</i> .	

**Tabel 4.8** RCM *Decision Worksheet Ball Bearing*

RCM <i>Decision Worksheet</i>													
<i>Information Reference</i>			<i>Consequence Evaluation</i>				H1	H2	H3	<i>Default Action</i>			<i>Proposed Task</i>
							S1	S2	S3				
							O1	O2	O3				
F	FF	FM	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4	
1	A	1	N	N	N	Y	N	N	N	Y			Pemeriksaan <i>ball bearing</i> secara periodik saat mesin dalam keadaan <i>off</i> , pengecekan pelumas yang dipakai dalam komposisi standar pelumas <i>ball bearing</i> , penggantian <i>ball bearing</i> yang mengalami keausan, <i>failure finding task</i> .
1	A	2	N	N	N	Y	N	N	Y				Pengecekan dengan cara menghindari fluida-fluida yang korosif pada area <i>bearing</i> . Penggantian <i>Ball Bearing</i> yang terkena korosi akibat teroksidasi oleh <i>hostile fluids</i> or

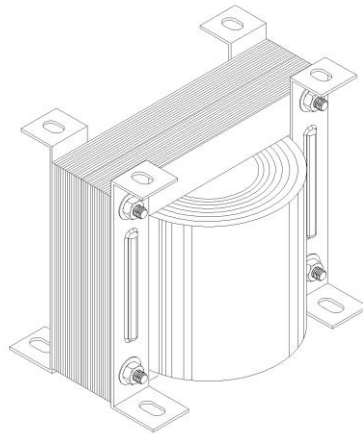


Selain *maintenance task* yang telah didapatkan, juga didapatkan rekomendasi untuk keseluruhan sistem *Plate-Shearing Machine Guillotine* 16 mm yaitu:

1. Dilakukan proses *cleaning* terlebih dahulu sebelum mesin dioperasikan.
2. Perlu pemeriksaan setiap subsistem yang ada pada *Plate-Shearing Machine Guillotine* 16 mm dengan teliti pada saat sistem dalam keadaan *overhaul*.
3. Perlu dilakukan pengecekan secara periodik untuk subsistem yang memiliki intensitas kegagalan yang paling tinggi.
4. Perlu tindakan pengoperasian yang tepat bagi operator dalam mengoperasikan *Tractive Electromagnet* menggunakan pedal.

#### **4.5.2 Redesign**

*Tractive Electromagnet* adalah subsistem pada *Plate-Shearing Machine Guillotine* 16 mm yang berfungsi sebagai penggerak *stroke* (*push-pull solenoid*) yang dapat menarik *connecting rod* sedalam 50 mm dimana daya yang dihasilkan akan menggerakkan posisi *rotary key* dari *idle position* bergerak 30° searah jarum jam pada saat *working position*. Gambar 4.15 menunjukkan desain orisinal sebelum dilakukan modifikasi dari perusahaan.



**Gambar 4.15** *Tractive Electromagnet.*

Pada *part* kumparan pada subsistem *Tractive Electromagnet* sering terbakar akibat pemasangan lilitan kawat yang kurang tepat serta penggunaan material yang tidak sesuai dengan desain awal *Tractive Electromagnet* pada saat perusahaan membeli *Plate-Shearing Machine Guillotine* 16 mm. Perusahaan mengambil tindakan perawatan seperti itu dikarenakan nilai perawatan lebih ekonomis. Terbakarnya *Tractive Electromagnet* pada lilitan kawat termasuk dalam golongan *safety* dan *enviromental consequences* karena dapat menyebabkan terancamnya keselamatan operator bila hal ini dibiarkan dan dapat menyebabkan lingkungan kerja menjadi tidak kondusif. Apabila *Tractive Electromagnet* tersebut dibiarkan gagal (*Run To Failure*) berdasarkan data *downtime* riwayat *Plate-Shearing Machine Guillotine* 16 mm waktu rata-rata yang dibutuhkan untuk mengganti *part* kumparan yang terbakar pada subsistem ini adalah 16 jam atau 2 hari *working days*. Hal ini akan menyebabkan mesin berhenti berproduksi dan mengakibatkan kerugian yang besar bagi perusahaan oleh karena itu perlu dilakukan evaluasi terhadap desain kumparan atau lilitan kawat pada subsistem *Tractive Electromagnet*.

#### 4.5.3 *Redesign* Kumparan

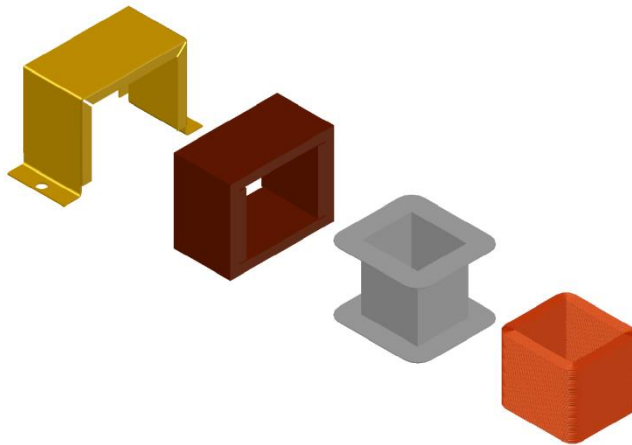
Berdasarkan permasalahan yang telah diuraikan maka perlu dilakukan *redesign* terhadap lilitan kawat atau kumparan. Dikarenakan *Tractive Electromagnet* pada *Plate-Shearing Machine Guillotine* 16 mm menggunakan arus listrik untuk mengoperasikannya melalui pedal atau *switch*. Dalam perhitungan dan penyusunan jumlah lilitan kawat diperlukan. Untuk membuat susunan atau gulungan lilitan dibutuhkan perhitungan sesuai dengan rumus:

$$GpV = \frac{f}{(L) \times T} \quad (4.1)$$

$$N = GpV \times \text{Tegangan} \quad (4.2)$$

Keterangan:

GpV	:	Jumlah lilitan per <i>Volt</i>
f	:	Frekuensi
T	:	Tinggi inti besi teroid
L	:	Luas penampang <i>Core</i>
N	:	Jumlah lilitan



**Gambar 4.16** Part pada subsistem *Tractive Electromagnet*.

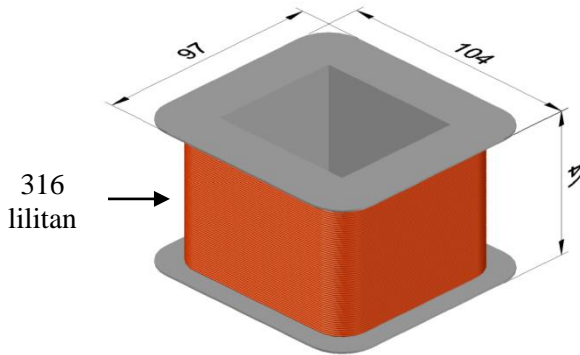
Gambar 4.16 menunjukkan part dalam menyusun *design Tractive Electromagnet* yang baru dengan perhitungan jumlah lilitan yang benar.

**Tabel 4.10** Perhitungan Jumlah Lilitan Kawat

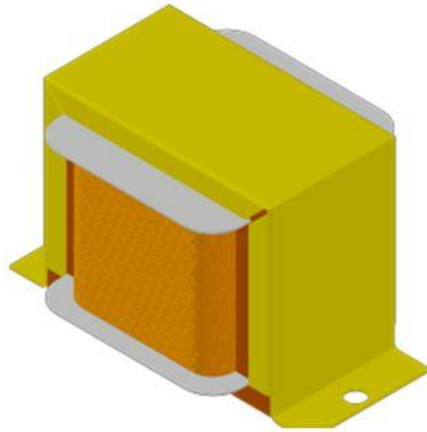
Frekuensi	50 Hz	
Panjang Core	6,4 cm	
Lebar Core	5,44 cm	
Luas Penampang Core	34,816 cm <sup>2</sup>	
Tinggi	7,4 cm	
Tegangan	220 V	
GpV	1,436121324	
N	315,9466912	316 lilitan



Tabel 4.10 menunjukkan perhitungan jumlah gulungan kawat yang seharusnya dililitkan penampang *Tractive Electromagnet*. *Tractive Electromagnet* digunakan hanya untuk menciptakan medan magnet dengan kumparan yang tepat dan dialiri arus listrik dan akan menarik pelatuk (*stroke*) agar *connecting rod* dapat melakukan pergerakan terhadap *rotary key* pada posisi kerja. Material kawat yang digunakan adalah tipe PEW dengan diameter 1 mm disesuaikan dengan lilitan *Tractive Electromagnet* orisinal. Gambar 4.17 menunjukkan dimensi dan jumlah lilitan baru yang sudah dihitung.



**Gambar 4.17** Desain jumlah lilitan kawat baru

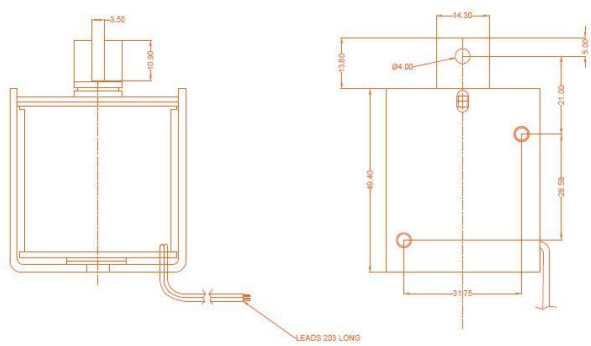


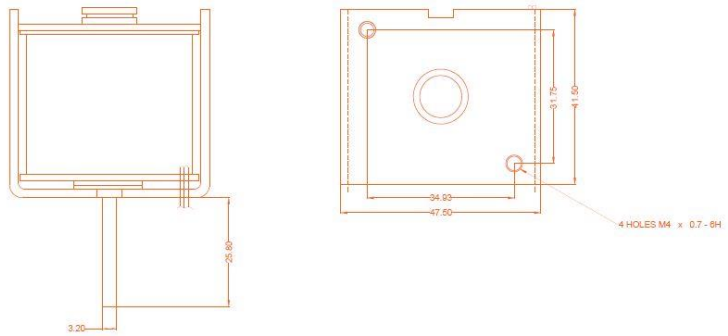
**Gambar 4.18** Desain *Tractive Electromagnet* baru

Gambar 4.18 menunjukkan *design Tractive Electromagnet* yang baru. Selain *redesign* jumlah lilitan yang tepat untuk subsistem *Tractive Electromagnet*, dibutuhkan pula penggantian *Tractive Electromagnet* yang memiliki spesifikasi *performance Tractive Electromagnet* yang tepat sesuai kebutuhan daya yang diterima. Hal ini dilakukan untuk menyesuaikan *Tractive Electromagnet* yang didesain pada saat pembelian pertama perusahaan dari produsen sistem *Plate-Shearing Machine Guillotine 16 mm* di Tiongkok. Tabel 4.11 menunjukkan spesifikasi dari subsistem *Tractive Electromagnet* yang harus disesuaikan bila ingin melakukan penggantian.

**Tabel 4.11** *Performance of Tractive Electromagnet*

Performance	Item	Specification
Electrical	Maximum On Time	See table below
	Closed Power (continuous rating)	AC: 20 VA DC: 12 W
	Maximum Permissible Voltage	240V
	Insulation	All coils tested to frame at 1500V RMS 50 Hz
Mechanical	Weight	425g Plunger: 49g
	Ambient Temperature Force/Stroke Curve	The information given on this page is based on room temperature of 20C allowing for nominal 75C temperature rise in coil. These force curves show average performance only. In addition to normal manufacturing tolerances, deviations can be expected at some voltages due to the coil winding tolerances.





**Gambar 4.19** Desain orisinal *Tractive Electromagnet*.

Gambar 4.19 merupakan desain orisinal *Tractive Electromagnet* beserta dimensi.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

Pada bab ini akan ditarik suatu kesimpulan yaitu hasil yang didapatkan dari penelitian ini, selanjutnya dari kesimpulan tersebut akan diberikan suatu saran atau susulan kepada pihak perusahaan yang berkaitan dengan kegiatan perawatan.

#### **5.1 Kesimpulan**

1. Dari analisa kegagalan yang telah dilakukan dapat diketahui terdapat 3 subsistem yang rentan mengalami kerusakan. Dari ketiga subsistem yaitu *Rotary Key*, *Tractive Electromagnet* dan *Ball Bearing* terdapat 9 *Failure Mode*. 9 *Failure Mode* yang timbul dapat dicegah dengan *Proactive Maintenance*, yaitu:
  - *Scheduled on Condition Task* dimana kegiatan perawatan yang dilakukan dengan mengamati atau mengukur performansi atau kondisi komponen pada saat mesin sedang beroperasi.
  - *Scheduled Discard Task* yaitu kegiatan penggantian komponen pada saat komponen mencapai usia tertentu, tanpa memperhatikan kondisi komponen pada saat itu.
  - *Default Action* yang terdiri dari *Failure Finding Task* yaitu meliputi tindakan pemeriksaan secara periodik terhadap fungsi-fungsi tersembunyi untuk mengetahui apakah komponen tersebut telah rusak serta *Redesign* untuk membuat suatu perubahan untuk membangun kembali kemampuan suatu komponen baik memodifikasi

terhadap perangkat keras maupun perubahan prosedur.

2. Pada subsistem *Rotary Key* memiliki 4 *Failure Mode*. 1 *Failure Mode* dapat dicegah dengan *Default Action* yaitu *Failure Finding Task* dan 3 *Failure Mode* dapat dicegah dengan *Scheduled Discard Task*.
3. Subsistem *Tractive Electromagnet* memiliki 2 *Failure Mode*. 1 *Failure Mode* dapat dilakukan penggantian komponen dengan cara *Redesign* pada bagian kumparan atau lilitan dari subsistem *Tractive Electromagnet* yang terbakar. Dari perhitungan jumlah lilitan atau *coil* diperlukan sebanyak 316 lilitan. Selain itu dapat dilakukan *redesign* dari material berdasarkan *performance Tractive Electromagnet* secara *Electrical* dan *Mechanical*. 1 *Failure Mode* pada *Tractive Electromagnet* dapat dicegah dengan *Scheduled on Condition Task*.
4. Pada subsistem *Ball Bearing* terdapat 3 *Failure Mode*. 1 *Failure Mode* dapat dicegah dengan *Failure Finding Task* dan 2 *Failure Mode* dapat dicegah dengan *Scheduled Discard Task*.
5. Berdasarkan *RCM Decision Worksheet* diketahui *Failure Mode* yang timbul dari ketiga subsistem tersebut menimbulkan *Operational Consequences* yaitu suatu *failure* yang berdampak operasional jika memenuhi produksi (*output*, kualitas produk, *customer service* atau biaya operasi di samping biaya perbaikan secara langsung).

## 5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan pada penelitian Tugas Akhir ini adalah:

1. Berdasarkan hasil pengumpulan dan pengolahan data yang diperoleh, penulis tugas akhir menyarankan agar *Reliability Centered Maintenance* (RCM) ini dapat diterapkan dalam sistem perawatan *Plate-Shearing Machine Guillotine* 16 mm dikarenakan perusahaan hanya melakukan pendataan riwayat mesin tanpa menyusun *maintenance task*. Metode RCM ini dapat juga diterapkan pada sistem lainnya dikarenakan perusahaan memiliki banyak sistem untuk pembentukan plat.
2. Dilakukan perbaikan sistem mengenai data *history* waktu perbaikan dan penggantian komponen secara lengkap dan *detail* dan dilakukan secara *file*.
3. Pihak perusahaan hendaknya melakukan tindakan perawatan pencegahan secara intensif untuk menghindari terjadinya kerusakan yang dapat mempengaruhi produksi dan biaya perbaikan komponen.



(Halaman ini sengaja dikosongkan)

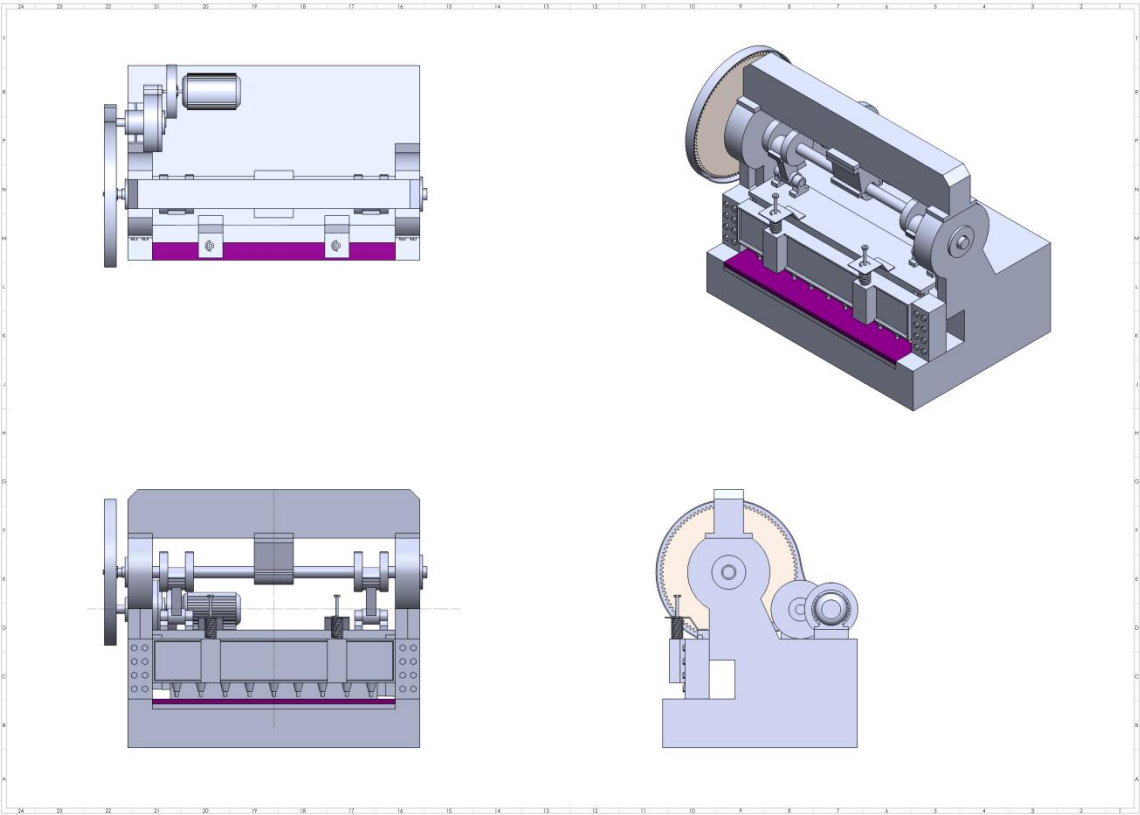
## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Mirza Imesya. 2010. “Perencanaan Kegiatan Perawatan Tower Crane Milik PT. TATAMULIA NUSANTARA INDAH Menggunakan RCM II (Reliability Centered Maintenance).” Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- [2] Boy Isma P. 2011. “Evaluasi Manajemen Perawatan Dengan Metode Reliability Centered Maintenance II (RCM II) Pada Mesin Danner 1.3 Di PT. ‘X’”. Sidoarjo: Universitas Muhammadiyah Sidoarjo.
- [3] S. A. Widyaningsih. 2011. “Perancangan Penjadwalan Pemeliharaan Pada Mesin Produksi Bahan Bangunan Untuk Meningkatkan Keandalan Mesin Dengan Metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM)”. Depok: Universitas Indonesia.
- [4] N, Arman Hakim. 2006. **Manajemen Industri**. Penerbit Andi. Jogjakarta.
- [5] Palmer, Doy. 1999. **Maintenance Planning and Scheduling Hand Book**. New York: Mc Graw-Hill Company Inc.
- [6] J. Moubray. 1997. **Reliability Centered Maintenance 2nd Edition**. New York: Industrial Press Inc.
- [7] A. N. Aufar., H. Prasetyo. 2014. “Usulan Kebijakan Perawatan Area Produksi Trim Chassis dengan Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance”. Jurnal Fakultas Teknologi Industri, Jurusan Teknik Industri, Jurusan Teknik Industri, Institut Teknologi Nasional, Bandung.
- [8] R. M. Barai, A. D. Kadam, A. V. Harde, P. S. Barve. 2012. “Reliability Centered Maintenance Methodology for Goliath Crane of Transmission Tower”. IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering (IOSR-JMCE).

- [9] Operating Instructions For Plate-Shearing Machine  
Manual Book. People's Republic of China.

## **LAMPIRAN**

*Halaman ini sengaja dikosongkan*



(Halaman ini sengaja dikosongkan)

## TENTANG PENULIS



David Imanuel Sitompul dilahirkan pada tanggal 04 April 1992 di Balikpapan. Sejak umur 2 tahun penulis pindah dan dibesarkan di Indramayu dikarenakan pekerjaan orang tua. Penulis memulai pendidikan dari bangku sekolah dasar di SD Kristen BPK Penabur Indramayu hingga tahun 2004, kemudian melanjutkan di SMP Kristen BPK Penabur Indramayu hingga tahun 2007, lalu melanjutkan pendidikan

di SMA Negeri 1 Cirebon hingga tahun 2010. Setelah lulus dari bangku sekolah menengah atas, penulis melanjutkan pendidikan diploma Jurusan Teknik Mesin di Universitas Gadjah Mada Yogyakarta hingga tahun 2013. Pada 2014 penulis melanjutkan kuliah tahap sarjana di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya dengan mengambil Jurusan Teknik Mesin melalui program Lintas Jalur. Penulis mengambil bidang studi rekayasa system industri dengan Tugas Akhir spesifik pada arah Sistem Pemeliharaan. Semasa di bangku perkuliahan, penulis aktif dalam berbagai bidang kegiatan organisasi dan kepanitiaan di luar kampus. Selain itu penulis memiliki *passion* dalam *bidang traveling, photography, social media content creator, kuliner, life style blogging*. Penulis dapat dihubungi melalui email berikut: david\_imanuels@yahoo.com